A água percorre o caminho $R_2 - R_1$, sob a acção da fôrça centrífuga média, e portanto cada kg de água recebe neste percurso a energia

$$A = C \cdot (R_2 - R_1) = \frac{(R_2^2 - R_1^2) \cdot \omega^2}{2g} =$$

$$= \frac{(R_2 \omega)^2 - (R_1 \omega)^2}{2g}$$

ou seja

$$A_1 = \frac{u_2^2 - u_1^2}{2g} \qquad 1)$$

Êste trabalho A_1 utiliza-se na transformação da altura h_1 correspondente à depressão à entrada da bomba, e de valor negativo, na altura h_2 à saída, de valor positivo. Na roda a velocidade relativa w_1 à entrada passa a w_2 à saída, produzindo-se geralmente uma redução, pelo que fica livre uma parte desta energia

$$\frac{w_1^2 - w_2^2}{2g} \qquad 2)$$

que se vai adicionar a h_2.

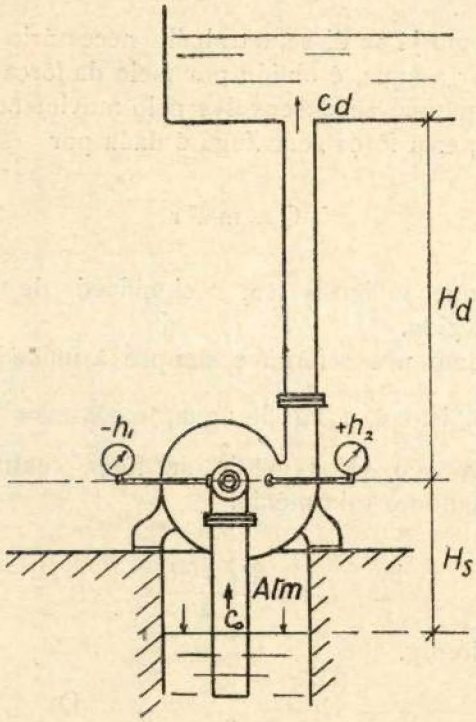


Fig. 7

Temos então, em virtude das considerações feitas

$$\frac{u_2^2 - u_1^2}{2g} + \frac{w_1^2 - w_2^2}{2g} = h_2 - h_1 \qquad 3)$$

Da fig. 7 deduzimos que

$$h_1 = -\left(H_s + \frac{c_0^2}{2g}\right) \qquad 4)$$

se não entrarmos em linha de conta com os atritos.

À saída verificar-se-á

$$h_2 + \frac{c_2^2}{2g} = H_d \qquad 5)$$

porque teòricamente à saída, a água deve possuir a energia correspondente à altura h_2, e ao movimento, $\frac{c_2^2}{2g}$, para vencer a altura de impulsão H_d. Evidentemente que se considera, $c_d = 0$, quando não, teríamos de considerar a variação $\frac{c_2^2 - c_d^2}{2g}$

Substituindo em (3) os valores de h_1 e h_2 tirados de (4) e (5), e considerando $c_0 \sim c_1$, temos

$$H = H_s + H_d = \frac{c_2^2 - c_1^2}{2g} + \frac{u_2^2 - u_1^2}{2g} + \frac{w_1^2 - w_2^2}{2g} \qquad 6)$$

Nesta equação o primeiro membro representa a altura total de elevação, e o segundo, a energia que se deve fornecer a 1 kg de água para o elevar a essa altura. Além do trabalho correspondente à fôrça centrífuga $\frac{u_2^2 - u_1^2}{2g}$, aparece também o termo relativamente pequeno $\frac{w_1^2 - w_2^2}{2g}$, e ainda $\frac{u_2^2 - c_1^2}{2g}$ que representa o aumento de energia cinética, devido à variação da velocidade absoluta, de c_1 à entrada, para c_2 à saída.

Resumindo: a água recebe uma quantidade de energia por efeito de rotação, que somada à correspondente à fôrça centrífuga A_1, dá a energia total, a que corresponde a altura total H.

Do que até aqui se disse, verificam-se os seguintes paralelogramos

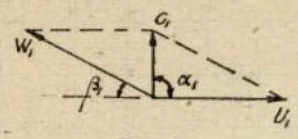


Fig. 8

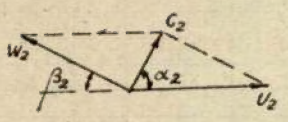


Fig. 9

A equação (6), não pode utilizar-se directamente sob o aspecto que apresenta. Há que transformá-la. Das figs. 8 e 9 tira-se

$$w_1^2 = c_1^2 + u_1^2 - 2\, c_1\, u_1 \cos \alpha_1$$
$$w_2^2 = c_2^2 + u_2^2 - 2\, c_2\, u_2 \cos \alpha_2$$

Substituindo-se estes valores em (6), vem

$$H = \frac{c_2\, u_2 \cos \alpha_2 - c_1\, u_1 \cos \alpha_1}{g} \qquad 7)$$

Geralmente, nas bombas centrífugas, faz-se $\alpha_1 = 90.^{\circ}$; considerando a componente tangencial de c_2, que é como já sabemos $c_{u2} = c_2 \,.\, \cos \alpha_2$, teremos

$$H = \frac{u_2\, c_{u2}}{g} \qquad 8)$$

É esta a equação fundamental teórica. Abstraímos de tôdas as perdas. Na prática há que contar com o atrito dos líquidos nas tubeiras, falta de uniformidade do movimento da veia líquida, etc. E temos assim a altura total de elevação reduzida de uns 15 a 50 %. Para ter em conta a falta de uniformidade do movimento da água, introduz-se um *coeficiente de redução* k, que é função das características da bomba. Damos a seguir dois gráficos para a determinação dêste coeficiente, em função dos diâmetros D_1 e D_2, e do ângulo β_2.

Os valores dêstes gráficos referem-se a rodas com 8 pás.

GRÁFICO I

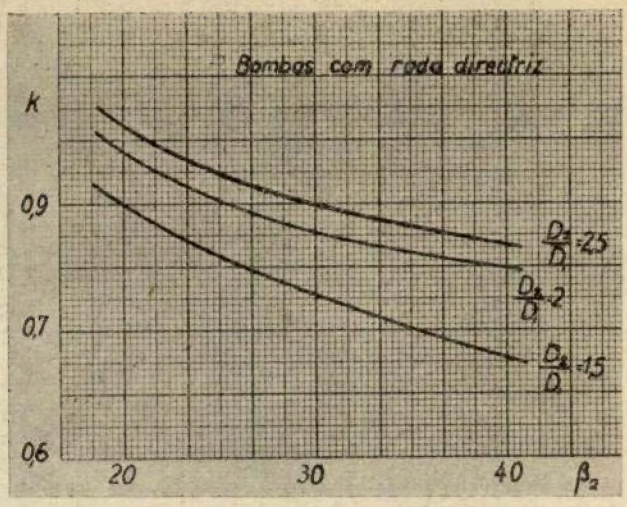
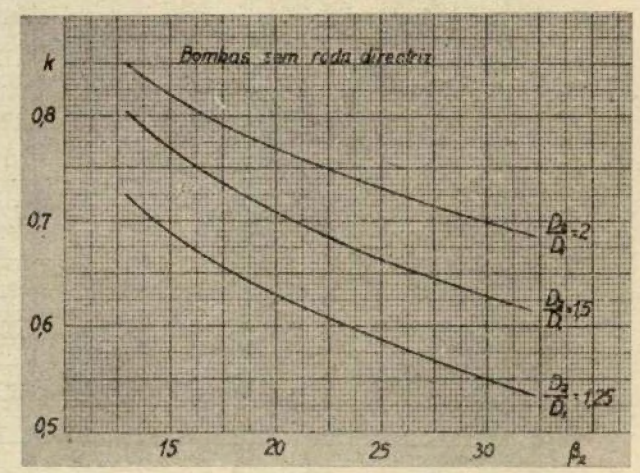


GRÁFICO II



Para menor número destas, k reduz-se de 10 % por cada pá a menos, e aumenta de 10 % por cada a mais.

Para ter em conta os atritos, e as perdas devidas à variação de velocidade e de secções, há que entrar com novo coeficiente, o *rendimento hidráulico* η_h, e temos então a altura prática de elevação

$$H' = \eta_h \cdot \frac{k\, u_2\, c_{u2}}{g} \qquad 9)$$

que deve vencer não só a altura geodésica, $H = H_d + H_s$, mas também a altura manométrica, $H_{man} = H + H_w$, em que H_w representa a altura correspondente a tôdas as perdas.

GRÁFICO III

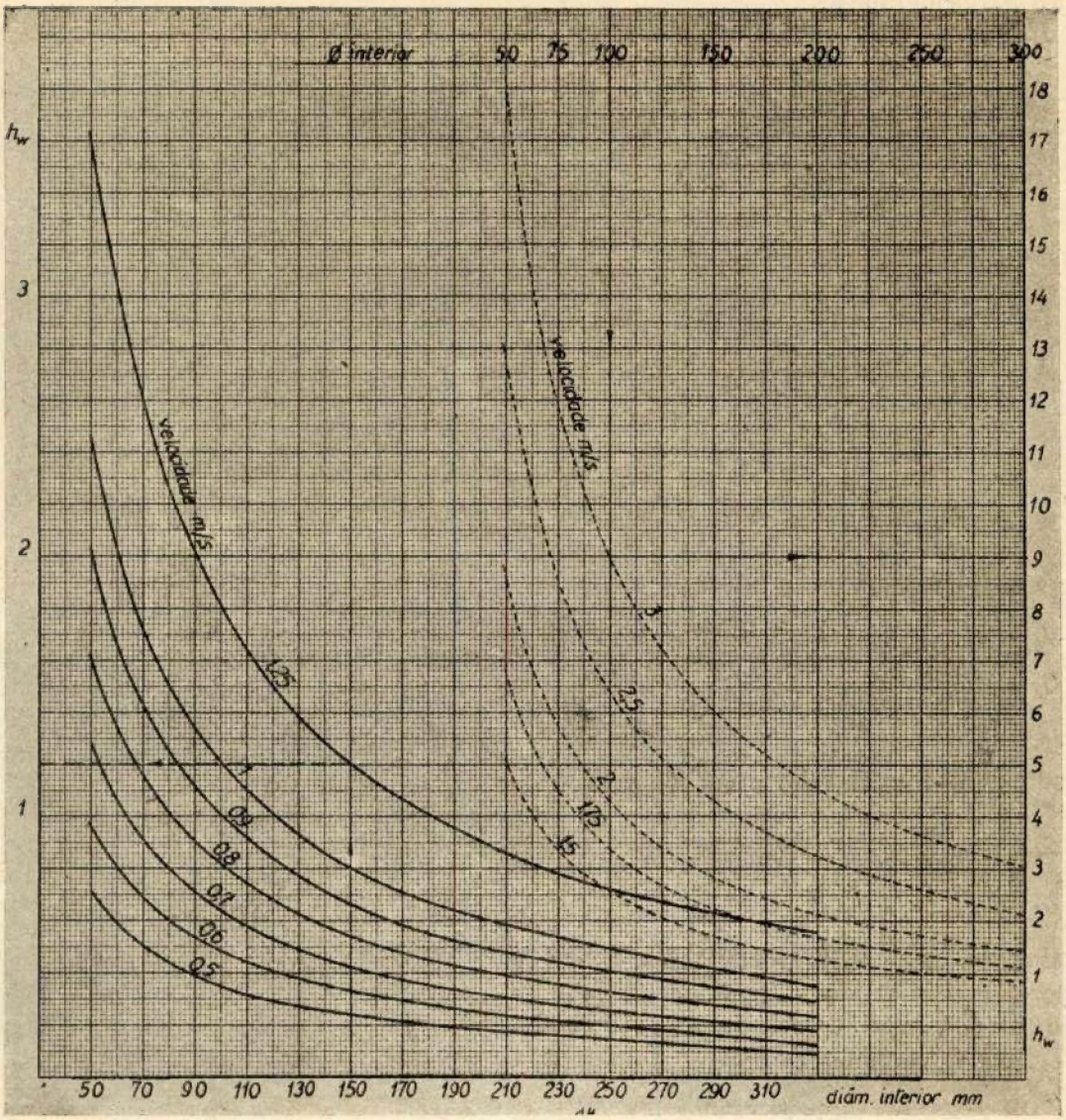


GRÁFICO IV

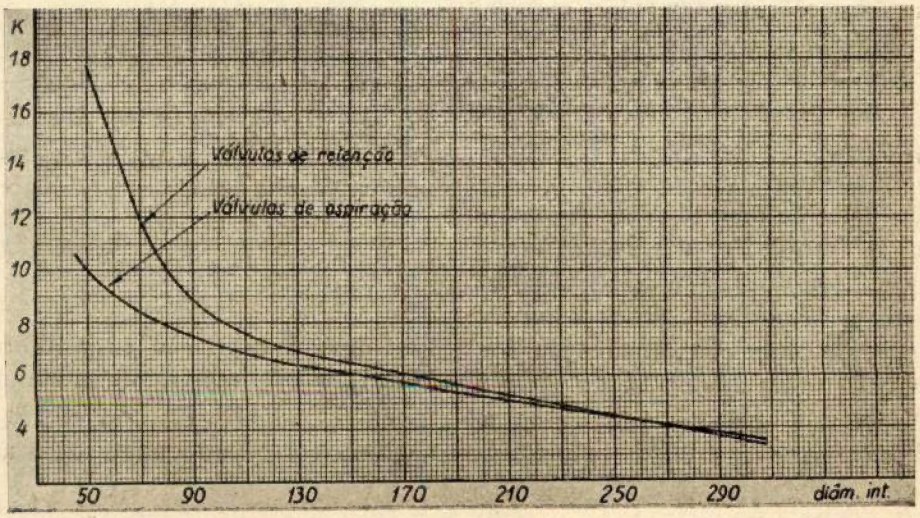


GRAFICO V

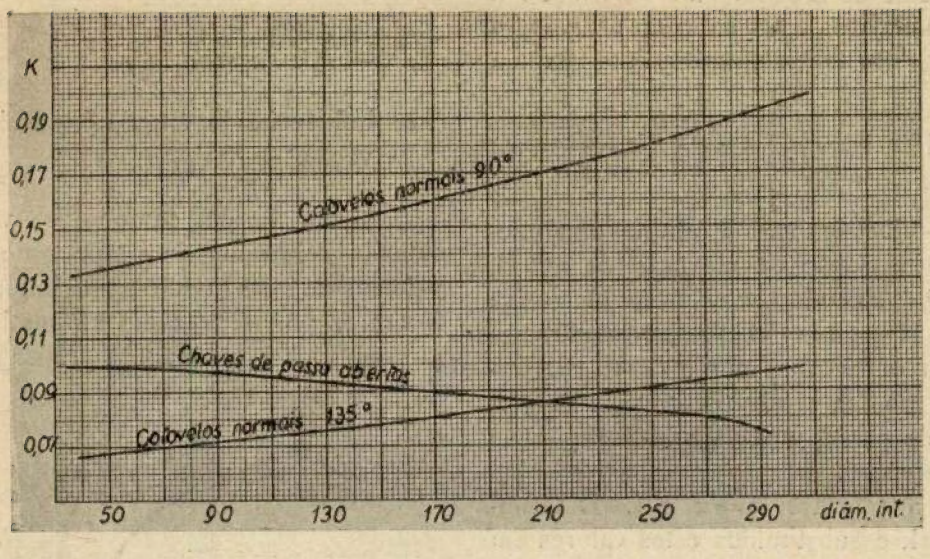


TABELA I

Caudais l/m

Diâmetro interior dos tubos m m

C_m/s	50	60	70	80	90	100	125	150	175	200	225	250	275	300
0,50	58,9	84,8	115,5	150,8	190,9	235,6	368,1	530,1	721,6	942,5	1193	1473	1782	2121
0,60	70,7	101,8	138,6	181	229	282,7	441,8	636,2	865,9	1131	1431	1767	2138	2545
0,70	82,5	118,7	161,6	211,1	267,2	329,9	515,4	742,2	1010	1320	1670	2062	2495	2969
0,80	94,2	135,7	184,7	241,3	305,4	377	589	844,2	1155	1508	1909	2356	2851	3393
0,90	106	152,7	207,8	271,4	343,5	424,1	662,7	954,3	1299	1697	2147	2651	3207	3817
1,00	117,8	169,7	230,9	301,6	381,7	471,2	736,3	1060	1443	1885	2386	2945	3564	4241
1,25	147,3	212,1	288,6	377	477,2	589,1	920,4	1325	1804	2356	2982	3682	4456	5302
1,50	176,7	254,5	346,3	452,4	572,6	706,9	1105	1590	2165	2827	3579	4418	5346	6362
1,75	206,2	296,9	404,1	527,8	668	824,7	1289	1856	2526	3299	4175	5154	6237	7422
2,00	235,6	339,3	461,8	603,2	763,4	942,5	1473	2121	2886	3770	4771	5891	7128	8482
2,5	294,5	424,1	577,3	754	954,3	1178	1841	2651	3608	4712	5964	7363	9809	10603
3,0	353,4	508,9	692,7	904,8	1145	1414	2209	3181	4330	5655	7157	8836	10691	12723

O gráfico III dá-me a perda de carga h_w, expressa em metros, em tubeiras; o valor de h_w é dado em função do diâmetro interior dos tubos, expresso em mm, e da velocidade da água expressa em m/s. Os gráficos IV e V, dão os coeficientes k correspondentes às perdas de carga em cotovelos e orgãos de fecho.

A tabela I dá caudais em função da velocidade de escoamento, e do diâmetro dos

tubos. As perdas de carga determinadas, referem-se a 100^m de tubeira. Para determinar a altura manométrica, entra-se com os valores determinados nas tabelas, na seguinte fórmula

$$H_m = H + h_w \cdot \frac{L}{100} + \frac{c^2}{2g} \Sigma k + \frac{c^2}{2g} \qquad 10)$$

Exemplo — Determinar a altura manométrica numa instalação de elevação de águas, de caudal $Q = 2.000$ l/m, e de altura geodésica de elevação $H = 68$ m. O diâmetro da tubeira de impulsão é $d = 150$ mm e o seu comprimento $L = 120$ m, tendo 6 cotovelos de 90.° uma chave de passo, uma válvula de aspiração e uma de retenção.

Segundo a tabela I, $c = 2$ m/s. Determinados h_w e k e substituídos estes valores em 10, temos

$$H_m = 68 + 2{,}87 \cdot \frac{120}{100} + \frac{2^2}{2g}(6 \cdot 0{,}156 + 0{,}09 + 6 + 6{,}5) + \frac{2^2}{2g} = 74{,}4 \text{ m}$$

Na prática, há a vencer a altura manométrica, logo verificar-se-á

$$H_m = \eta_h \frac{k\, u_2\, c_{u2}}{g} \qquad 11)$$

Costuma agrupar-se η_h'' e k em η_h^-, embora k não tenha o carácter de um rendimento. η_h toma valores compreendidos entre 0,7 e 0,9, segundo o tipo de construção. Geralmente, η_h sobe quando as bombas são providas de roda directriz.

O rendimento total da bomba η, será igual ao produto de η_h pelo rendimento mecânico η_m, que está compreendido entre 0,85 e 0,95.

O rendimento total está compreendido entre 0,74 e 0,78.

Nestas condições teremos

$$N = \frac{\gamma Q \, Hman}{(0{,}74 - 0{,}78) \cdot 75}$$

sendo N a potência em CV, necessária para elevar o caudal Q expresso em m^3/s, dum líquido de pêso específico γ kg/m³, à altura manométrica Hman, expressa em metros.

III — *Pás da roda móvel.*

a) Influência do ângulo β_2 na altura de elevação.

A forma da pá, como já se viu, é condicionada pelo valor de β_2; portanto, o valor da velocidade w_2 é grandemente influenciada pela forma da pá, assim como o é também a altura piezométrica h_2, e a altura prática de elevação.

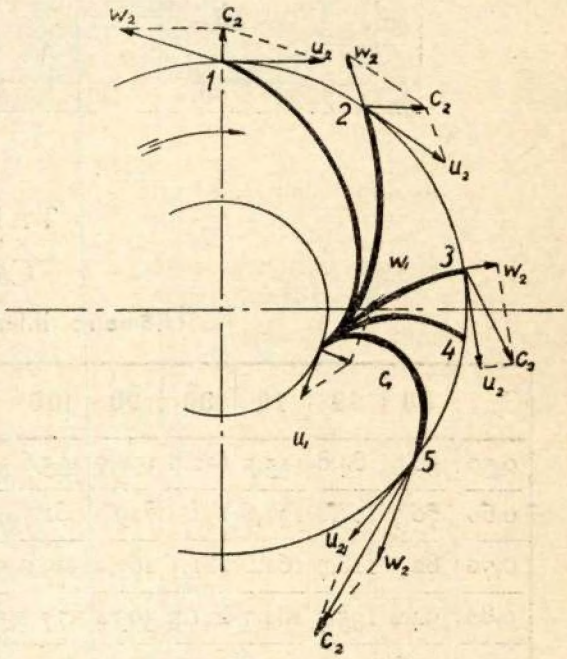


Fig. 10

Consideremos, fig. 10, uma roda com várias pás, e que está prevista para determinado número de rotações. Para facilitar as considerações a fazer, vamos supor que o componente radial de saída é igual à velocidade absoluta de entrada, o que se consegue dimensionando convenientemente a roda móvel.

Vamos considerar o caso 1, da pá fortemente recurvada.

O ângulo β_2 poder-se-á reduzir até que c_2 tenha uma direcção radial. Logo que $\alpha_2 > 90.°$, $H < 0$, o que não é admissível. Então no caso de $\alpha_2 = 90.°$, será

$$H = \frac{c_2\, u_2 \cos \alpha_2}{g} = 0$$

Comparando os paralelogramos de entrada e saída, temos

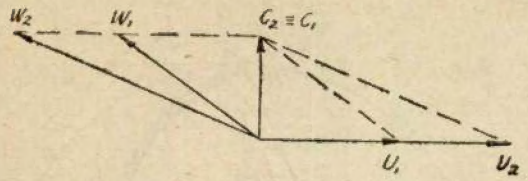


Fig. 11

$$w_2^2 - u_2^2 = w_1^2 - u_1^2$$

ou

$$\frac{w_2^2 - w_1^2}{2g} = \frac{u_2^2 - u_1^2}{2g}$$

quere dizer, o trabalho da fôrça centrífuga (3), é neste caso igual e de sinal contrário ao correspondente à velocidade relativa, não se desenvolvendo nenhuma pressão efectiva $h_2 - h_1$.

A água não tem portanto enegia para elevar-se, sendo portanto o valor mínimo de β_2, o correspondente a êste caso.

Consideremos agora o caso 3, em que a pá é radial. É a chamada pá de Rittinger. Obtém-se o seguinte paralelogramo

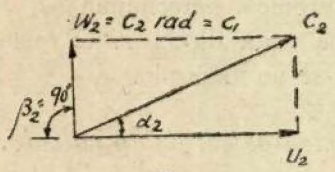


Fig. 12

$$u_2 = c_2 \cdot \cos \alpha_2 \quad \text{logo} \quad H = \frac{u_2^2}{g}$$

verifica-se ainda dêste paralelogramo

$$c_2^2 - w_2^2 = u_2^2$$

e sendo $w_2 = c_2$ rad. $= c_1$, virá

$$\frac{c_2^2 - c_1^2}{2g} = \frac{u_2^2}{2g} = \frac{H}{2}$$

De (3) e (6) deduz-se

$$H = \frac{c_2^2 - c_1^2}{2g} + (h_2 - h_1)$$

e portanto

$$h_2 - h_1 = \frac{H}{2}$$

Quere dizer: metade da altura H, obtém-se do aumento de energia cinética correspondente à velocidade da água, e a outra metade, da diferença de alturas piezométricas $h_2 - h_1$.

E chegamos ao caso 5. O paralelogramo toma a forma aproximada de um rombo

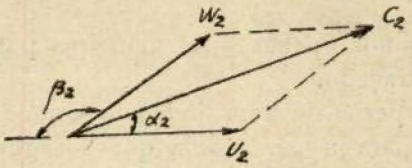


Fig. 13

de onde se tira considerando a aproximação feita

$$c_2 \cos \alpha_2 = 2\, u_2$$

e a equação teórica fundamental será

$$H = 2 \cdot \frac{u_2^2}{g}$$

donde se deduz que a altura teórica de elevação referente à fôrça centrífuga, é o dôbro do caso 3. Do paralelogramo tira-se, considerando que c_2 rad $= c_1$

$$c_2^2 - c_1^2 = (2 \cdot u_2)^2$$

donde

$$\frac{c_2^2 - c_1^2}{2g} = \frac{4\, u_2^2}{2g} = H$$

o que significa que a elevação é só devida à energia cinética.

E será também $h_2 - h_1 = 0$, não sendo possível portanto aumentar mais o ângulo β_2, pois que então viríamos a obter $h_2 - h_1 < 0$, isto é, uma depressão no interior da bomba. Na forma das pás compreendida entre 2 e 4, $h_2 - h_1$, é sensìvelmente constante. Nos casos 1 e 5, $h_2 - h_1 = 0$.

Na prática não convém aproximarmo-nos dêstes limites. Verifica-se que numa mesma bomba, com número de rotações constante, se poderá elevar um líquido a maior altura, se se aumentar o β_2.

No entanto, β_{2max} não é o mais vantajoso, devido às grandes acelerações sofridas pela

água no seu curto trajecto, provocando perdas enormes por atrito. As pás curvas para diante apresentam fraco rendimento. Nas pás curvas para trás, não se obtém tão grandes acelerações. A transformação de c_2 em pressão não apresenta grande dificuldade, sendo reduzidas as perdas por atrito.

Geralmente constroem-se pás curvas para trás, com β_2 variando entre 25 e 50°.

b) Traçado das pás e roda directriz.

Indicamos apenas duas maneiras para efectuar o traçado.

A experiência tem indicado como melhor forma para a pá, aquela que assegura uma aceleração sensìvelmente constante, ao movimento da água. Hoje está generalizada a pá em forma de arco de circo, curvada para trás. As pás podem construir-se com um ou dois arcos; vejamos a construção com um arco:

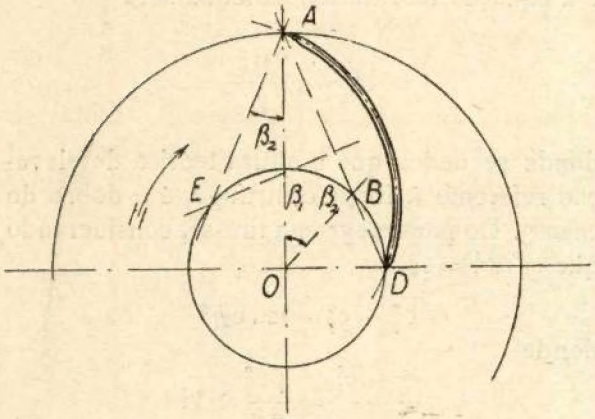


Fig. 14

Com vértice em A, fig. 14, traça-se o ângulo β_2. Com vértice em 0, traça-se o ângulo $\beta_1 + \beta_2$; assim determinamos o ponto B. Une-se A com B, e assim se define D. A perpendicular ao meio do segmento AD define E, que é o centro duma circunferência em que existe a pá.

Outro processo para o traçado da pá é o seguinte, fig. 15:

Traça-se β_2 com vértice A. Com um raio BA, suficientemente grande, traça-se um arco de circo. Por C qualquer, traça-se o segmento que faça com OC o ângulo β_1. Sôbre êste segmento escolhe-se D, tal que o segundo arco de circo de que êste ponto é centro, seja tangente ao primeiro. É evidente que êste processo apresenta várias soluções.

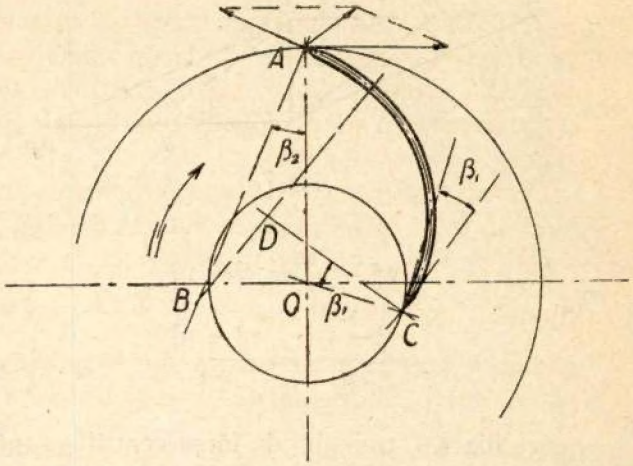


Fig. 15

Da sua escolha depende o melhor ou pior rendimento da bomba.

Para a construção da roda directriz, indicaremos apenas que se costuma verificar

$$c_{n3} = k \cdot c_{u2}$$

em que k é o coeficiente referente à falta de homogeneidade da veia líquida. Nestas condições poderemos determinar α_3, referente à entrada da roda directriz. O restante cálculo apresenta-se no exemplo.

3) — *Elementos gerais do cálculo.*

Admitindo para velocidade de entrada, uma velocidade compreendida entre 2 e 4 m/s, podemos calcular D_0, diâmetro de entrada.

Neste cálculo entramos com o estrangulamento produzido pelo veio e pelo cubo, o qual se pode arbitrar num primeiro projecto, em 10 a 25 % da secção total. Para bombas de vários andares pode subir-se com êste valor a 30 %. Costuma-se também adicionar 3 a 10 % ao caudal a elevar para atender às perdas pelo interstício das rodas móvel e directriz. Assim admitindo 10 % para o estrangulamento e 5 % para a perda, verificar-se-á

$$0{,}90 \frac{D_0^2 \cdot \pi}{4} \cdot c_0 = 1{,}05 \cdot Q$$

sendo Q o caudal.

O diâmetro D_2 toma o valor $(1{,}2 \sim 2) \cdot D_0$ para as bombas de baixa pressão, e $(1{,}5 \sim 2{,}5) \cdot D_0$ para as bombas de alta pressão.

A velocidade periférica deduz-se do número de rotações, que podem ir desde umas 950 r. p. m., obtidas com motor eléctrico, até cêrca de 5000 r. p. m. obtidas com turbina de vapor.

Sabida a velocidade u_2, e arbitrados os ângulos α_2 e β_2, que tomam os valores $\beta_2 = 25 \sim \sim 50^\circ$, $\alpha_2 = 8 \sim 15^\circ$, determinamos c_2; e pela equação fundamental $H_m = \eta_h \frac{k \cdot u_2 \cdot c_{u2}}{g}$ determinamos a altura manométrica, que cada andar pode vencer. O ângulo de entrada tira-se de $\operatorname{tg} \beta_1 = \frac{c_1}{u_1}$ em que u_1 e c_1 são valores tirados do paralelogramo de entrada.

As larguras úteis b_1 e b_2 (fig. 5), determinam-se da seguinte maneira: admite-se uma velocidade absoluta $c_1 \sim c_0$; arbitra-se o estrangulamento devido à espessura e número das pás, em $5 \sim 15\ \%$.

Arbitra-se em 5 % a perda pelo interstício e temos

$$(0{,}95 \sim 0{,}85) \cdot D_1 \cdot \pi \cdot b_1 \cdot c_1 = 1{,}05 \cdot Q$$

donde tiramos b_1.

Para determinar b_2, consideramos a componente radial da velocidade absoluta de saída $c_{m2} = c_2 \operatorname{sen} \alpha_2$, e tomamos para estrangulamento da parte exterior, até 5 %, e para perda pelo interstício, 5 %. E temos

$$(0{,}95 \sim 1) \cdot D_2 \cdot \pi \cdot b_2 c_{m2} = 1{,}05 \cdot Q$$

A largura b_3 será 1 a 2 mm maior que b_2, para assegurar uma entrada de água sem choque. O ângulo da pá directriz α_3, é determinado como já vimos anteriormente. A potência do motor para accionar a bomba é dada por

$$N = \frac{Q \cdot H_m}{60 \cdot 75} \cdot \frac{1}{\eta_h \eta_m} \text{ CV}$$

em que Q é o caudal em litros por minuto, H_m, a altura manométrica expressa em m, e η_h e η_m os rendimentos hidráulico e mecânico.

Esta fórmula, tal como está, só é válida para a água; para qualquer outro líquido, há que multiplicar o caudal pelo pêso específico.

Temos em seguida de calcular o veio, e verificá-lo à velocidade crítica. O veio de bombas normais pode ser calculado pela fórmula conhecida

$$d = 120 \cdot \sqrt[3]{\frac{N}{n}}$$

Nesta fórmula admite-se uma fadiga de torsão bastante baixa $\sigma_r = 200$ kg/cm².

Há a considerar agora a velocidade crítica.

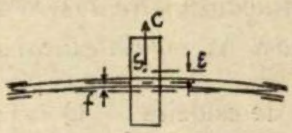


Fig. 16

Se for G kg o pêso do disco e e cm a sua excentricidade, e f cm o valor da flexão do veio, verificar-se-á

$$C = m \cdot r \cdot \omega^2 = \frac{G}{g} \cdot (e + f) \cdot \omega^2$$

supondo a massa concentrada no centro de gravidade. Se for P a fôrça que provoca a flexão transversal de 1 cm, será $C = P \cdot f$ e portanto

$$P \cdot f = \frac{G}{g} (e + f) \cdot \omega^2$$

e

$$f = \frac{e}{\frac{P g}{G \omega^2} - 1}$$

Será $f = \infty$ para

$$\frac{P \cdot g}{G \omega^2} = 1$$

É êste o valor da velocidade crítica para a qual se verifica a rotura. Se fizermos $\omega = \frac{\pi n}{30}$ e $g = 980$ cm/s² o número crítico de rotações será

$$n_c = 300 \sqrt{\frac{P}{G}}$$

Na prática, verifica-se o veio que foi calculado à torsão, à velocidade crítica. Para isso determina-se a fôrça P capaz de provocar a flexa de 1 cm, pela expressão

$$f = \frac{P}{E.I} \cdot \frac{5 \cdot l^3}{384} = 1$$

em que E é o módulo de Young, $I = \frac{\pi d^4}{64}$ é o momento de inércia e l a distância entre apoios.

Devemos atender a que o número de rotações adoptado seja bastante menor que o número crítico.

4) — *Cálculo duma bomba centrífuga para alimentação duma caldeira de alta pressão, com as seguintes características:*

Produção da caldeira	$Q = 44\ m^3/h = 0{,}733\ m^3/m$
Timbre da caldeira	$17\ kg/cm^2$
Altura de elevação	30 m

Sabemos que $1\ kg/cm^2$ corresponde a uma coluna de água de 10 m.

Nestas condições, temos para a altura manométrica

$$H_m \cong 170 + 30 = 200\ m$$

a) Potência necessária para elevar o caudal Q

Faço

$$\eta_h = 0{,}85$$

e

$$\eta_m = 0{,}9$$

Nestas condições, teremos

$$N = \frac{733 \cdot 200}{60 \cdot 75} \cdot \frac{1}{0{,}9 \cdot 0{,}85} = 42{,}5 \sim 43\ CV$$

b) Diâmetros D_0, D_1 e D_2

Admito para velocidade de entrada $c_0 = 2$ m/s e 3 % de perda pelo interstício; e posso agora estabelecer a relação

$$\frac{1{,}03 \cdot 0{,}733}{60} = \frac{D_0^2 - D_c^2}{4} \pi \cdot 2 \qquad 12)$$

em que D_c é o diâmetro do cubo.

Determinemos agora o diâmetro do veio. Vou supor que a bomba é accionada por um motor eléctrico que dá 1950 r. p. m. Tenho os elementos necessários para a determinação do diâmetro do veio

$$N = 43\ CV$$

$$\sigma_r = 200\ kg/cm^2$$

$$n = 1950\ r.\ p.\ m.$$

Substituindo estes valores em

$$\frac{d^3 \cdot \pi}{16} = 71620 \frac{N}{n}$$

obtenho

$$d = \sqrt[3]{\frac{71620 \cdot 5 \cdot 43}{1950 \cdot 200}} = \sqrt[3]{40} = 3{,}42\ cm$$

Faço

$$d = 35\ mm$$

Para diâmetro do cubo arbitro $D_c = 50$ mm e tenho então, substituindo êste valor em (12)

$$D_0^2 = 0{,}008 + 0{,}0025 = 0{,}0105$$

donde

$$D_0 = 0{,}1025\ m\ .$$

Faço $D_0 = 105$ mm

Em construção normal, costuma fazer-se $D_0 = D_1$ e ainda $\frac{D_2}{D_0} = 2$.

Portanto

$$D_2 = 210\ mm$$

c) Velocidade de saída; valor de H correspondente a cada andar e número de andares.

No gráfico I, determina-se $k = 0{,}78$ para $\beta_2 = 30°$.

O valor de u_2 é dado por

$$u_2 = \frac{0{,}21 \cdot \pi \cdot 1950}{60} = 21{,}5\ m/s$$

Fazendo $\alpha_2 = 8°$, e ainda $\eta_h = 0{,}85$, posso estabelecer o diagrama das velocidades de saída, fig. 77, donde tiro o valor de c_{u2}.

Tenho então

$$H_1 = \frac{0{,}85 \cdot 0{,}78 \cdot 21{,}5 \cdot 18}{9{,}8} = 25{,}8 \text{ m}$$

e determino o número de andares que necessito

$$\frac{200}{25{,}8} = 7{,}75$$

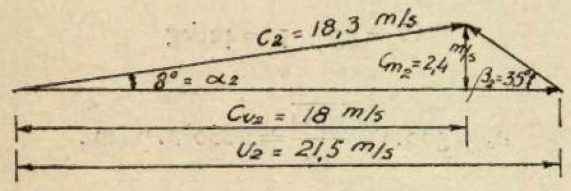


Fig. 17

Fixo o número de andares em 7. Cada andar terá de elevar $\frac{200}{7} = 28{,}6$ m; tenho agora de estabelecer o novo diagrama de velocidades.

Para isso vou determinar o produto $u_2 \cdot c_{u2}$, correspondente a esta altura de elevação

$$u_2 \cdot c_{u2} = \frac{28{,}6 \cdot 9{,}8}{0{,}85 \cdot 0{,}78} = 422 \text{ m}^2 / \text{s}^2$$

Para aumentar êste produto, podíamos aumentar o ângulo β_2, ou aumentar o diâmetro D_2. É esta solução que vamos adoptar.

Faço

$$D_2 = 220 \text{ mm}$$

Será agora

$$u_2 = \frac{0{,}22 \cdot \pi \cdot 1950}{60} = 22{,}5 \text{ m/s}$$

e portanto

$$c_{u2} = \frac{422}{22{,}5} = 18{,}7 \text{ m/s}$$

Para desenhar o novo diagrama, conservo a velocidade radial absoluta de saída $c_{m2} = 2{,}4$ m/s

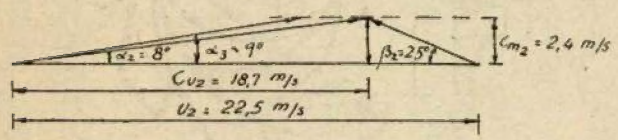


Fig. 18

Temos assim os ângulos $\alpha_2 \sim 8°$ e $\beta_2 \sim 25°$.

d) Larguras b_1, b_2 e b_3.

Faço $c_1 = c_{m2} = 2{,}4$ m/s e considero uma redução de 15 % na secção de passagem, e posso estabelecer

$$1{,}03 \cdot Q^{m3/s} = 0{,}85 \cdot (D_1 \cdot \pi \cdot b_1) \cdot c_1$$

ou

$$0{,}0125 = 0{,}85 \cdot (0{,}105 \cdot \pi \cdot b_1) \cdot 2{,}4$$

donde

$$b_1 = \frac{0{,}0125}{0{,}85 \cdot 0{,}105 \cdot \pi \cdot 2{,}4} = 0{,}0192 \text{ m}$$

Faço $b_1 = 20$ mm.

Para a determinação de b_2, considero uma redução de 5 % na secção de passagem, e 3 % de perda no interstício, e tenho

$$b_2 = \frac{0{,}0125}{0{,}22 \cdot \pi \cdot 0{,}95 \cdot 2{,}4} = 0{,}00795 \sim 0{,}008 \text{ m}$$

Logo, $b_2 = 8$ mm

b_3 será 1 ou 2 mm maior que b_2; logo

$$b_3 = 10 \text{ mm}$$

e) Pás directrizes.

Será $c_{u3} \sim k \cdot c_{u2}$

$$c_{u3} = 0{,}78 \cdot 18{,}7 = 14{,}6 \text{ m/s}$$

e teremos

$$\text{tg } \alpha_3 = \frac{c_{m2}}{c_{u3}} = 0{,}16$$

donde

$$\alpha_3 \sim 9°$$

Adopto oito pás, e portanto para passo teremos

$$t_3 = \frac{320 \cdot \pi}{8} = 86{,}5 \text{ mm}$$

Para valor de a_3, teremos

$$a_3 = t_3 \cdot \text{sen } \alpha_3 = 86{,}5 \cdot 0{,}157 = 13{,}6 \text{ mm}$$

f) Velocidade de entrada.

Como consideramos c_1 radial, temos

$$\text{tg } \beta_1 = \frac{c_1}{u_1}$$

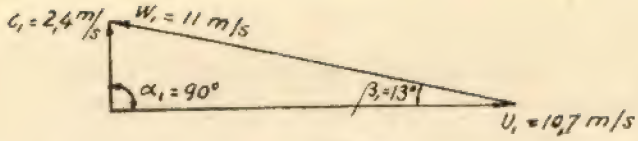


Fig. 19

Fiz já

$$c_1 = c_{m2} = 2,4 \text{ m/s}$$

e será

$$u_1 = \frac{\pi \cdot 0,105 \cdot 1950}{60} = 10,7 \text{ m/s}$$

$$\operatorname{tg} \beta_1 = \frac{2,4}{10,7} = 0,224$$

donde $\beta_1 \sim 13°$

g) Veio.

Foi já calculado com $d = 35$ mm e girando a 1950 r. p. m.

Por comparação arbitra-se o pêso de cada roda em 5 kg. A distância entre apoios, arbitramo-la em $l = 80$ cm. O pêso dum veio nestas condições é ~ 6 kg, e temos $G = 7 \cdot 5 + 6 = 41$ kg.

O valor de P que ocasionou a flexa de 1 cm é

$$P = \frac{384 \cdot E}{5 \cdot l^3} \cdot I$$

Sabemos ser

$$I = \frac{\pi\, 3,5^4}{64} = \frac{\pi \cdot 149}{64} = 7,37 \text{ cm}^4$$

sendo $E = 2200000$ kg/cm²,

$$P = \frac{384 \cdot 2200000 \cdot 7,37}{5 \cdot 80^3} = 2410 \text{ kg}$$

e portanto

$$n_c = 300 \sqrt{\frac{2410}{41}} = 2300 \text{ r. p. m.}$$

O número crítico de rotações pouco maior é que o número de rotações da bomba. Há portanto que aumentar o diâmetro do veio, para que êle possa resistir à velocidade crítica; façamos $d = 38$ mm.

Nestas condições

$$I = \frac{\pi \cdot 3,8^4}{64} = 10,2 \text{ cm}^4$$

e

$$P = \frac{384 \cdot 2200000 \cdot 10,2}{5 \cdot 80^3} = 3360 \text{ kg}$$

Agora o veio pesa aproximadamente 7 kg e temos

$$G = 35 + 7 = 42 \text{ kg}$$

e

$$n_c = 300 \cdot \sqrt{\frac{3360}{42}} = 2680 \text{ r. p. m.}$$

e nestas condições ja o veio trabalha em boas condições de segurança.

O pequeno aumento de secção do veio não influe grandemente nos cálculos efectuados, porque, mantendo tôdas as outras grandezas, sòmente vai fazer variar c_0 a que atribuí um valor que pode ser ainda bastante aumentado. Tenho então todos os elementos para o projecto.

$d = 38$ mm	$D_2 = 220$ mm
$D_0 = D_1 = 105$ mm	$b_3 = 10$ mm
$D_c = 50$ mm	$t_3 = 26,5$ mm
$b_1 = 20$ mm	$a_3 = 13,6$ mm
$b_2 = 8$ mm	7 andares
$\beta_1 = 13.°$	
$\beta_2 = 25.°$	
$\alpha_3 = 9.°$	

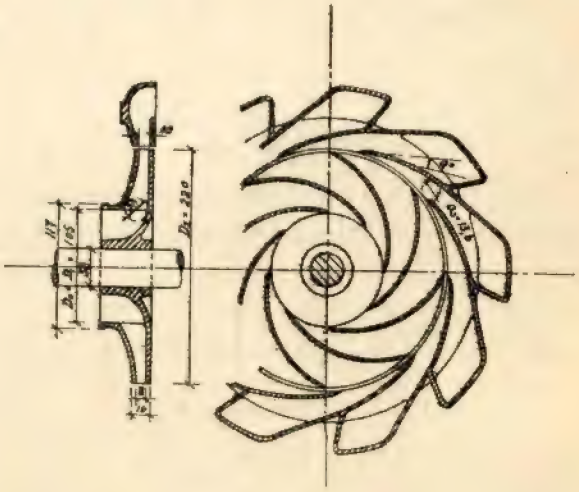


Fig 20

PROBLEMA ACÚSTICO DO GIMNÁSIO DO INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO

POR ANTÓNIO HIDALGO BARATA

Do Curso de Engenharia Electrotécnica

A Secção Cultural da A. E. I. S. T., no desempenho das suas funções, levou a efeito, em meados do passado mês de Fevereiro, um concêrto de música coral em que apresentou a *Orquestra Filarmónica de Lisboa* e a *Sociedade Coral Duarte Lôbo* sob a direcção do maestro Dr. Ivo Cruz.

Esta notável organização da Secção Cultural mobilizou as boas-vontades de todos e para ela contribuímos modestamente também com alguns estudos de acústica aplicada.

A questão inicialmente posta foi a seguinte:

Tratava-se de saber a nossa opinião quanto à viabilidade de correcção da acústica do gimnásio do I. S. T. que em audições anteriores se apresentara muito deficiente.

Conhecíamos já a sala, acùsticamente disforme, e hesitámos um pouco quanto à garantia dos benefícios que se colheriam de qualquer tratamento.

Prometemos no entanto todo o nosso entusiasmo no estudo do assunto e após o cálculo prévio concluímos que havia possibilidade de chegar a resultados quási satisfatórios.

Reverberação

Uma das características fundamentais sob o ponto de vista acústico é o *tempo de reverberação*.

Define-se como sendo *o tempo necessário para um som de uma dada freqüência, após deixar de ser emitido, atingir uma intensidade 10^6 menor que a inicial*, ou, o que é o mesmo, *para o som residual atingir um nível 60 dB mais baixo que o inicial.*

Esta noção é aliás paralela à de tempo de amortecimento de um circuito eléctrico.

Interessa sobretudo ao técnico acústico, pois do valor do tempo de reverberação dependem duas qualidades importantes dos ambientes—a *compreensibilidade* para salas de palavra e a *homogeneidade dos sons* em salas para concertos ou coral.

Um exagerado tempo de reverberação compromete a compreensibilidade da palavra pois se vão sobrepôr sons residuais ainda intensos com sons em regime.

Apontaremos como exemplo de ambientes muito reverberantes o átrio, piscina do I. S. T., a Igreja de S. Domingos, etc.

Em certas aulas do nosso Instituto um exagerado tempo de reverberação compromete a inteligibilidade das exposições, havendo mesmo algumas que poderão ser apresentadas como exemplo típico de ambientes acùsticamente errados (bath conditions).

Em salas de concertos já as exigências não são as mesmas — há necessidade de uma certa reverberação para os sons não se apresentarem desarticulados e sem ligação.

Foi Wallace Clement Sabine, professor universitário americano, que, ao corrigir a acústica de certas aulas, lançou as bases da moderna acústica aplicada.

Aos interessados, aconselhamos a leitura da sua valiosíssima mas despretenciosa obra, reünida nos «Collected papers on acoustics».

Assim, após exaustivas experiências no Steinert Hall, em Boston, na sala de conferências de Jefferson Physical Laboratory,

do Fogg Art Museum, no Sanders Theatre, em diversas salas de variados volumes e formas da Universidade de Harvard, etc., Sabine poude enunciar as seguintes conclusões:

1.º A duração da audibilidade do som residual é aproximadamente a mesma em todos os pontos de um auditório.
2.º A eficiência de um absorvente para reduzir a duração do som residual é, nas circunstâncias ordinárias, aprò-ximadamente independente da sua posição.
3.º Existe, para um dado volume, uma dependência hiperbólica entre o tempo de reverberação e a absorção total do ambiente

$$t = 0{,}164 \frac{V}{A}$$

Uma das pequenas-grandes facilidades que Sabine introduziu no estudo dêstes problemas foi a cómoda unidade de absorção que criou.

A princípio fêz os seus ensaios comparando os absorventes com metros quadrados de estofos do Sanders Theatre. Mas a Sabine impôs-se logo a necessidade de uma unidade mais acessível e universal.

Tomou então como padrão *1$^{m^2}$ de janela aberta* o que equivale a dizer que todo o som que atinge aquela superfície não volta mais, por reflexão, ao ambiente. O coeficiente de absorção será nestas condições, a unidade — daqui resulta que todos os coeficientes de absorção estão compreendidos entre 0 (reflexão total sem quaisquer perdas) e 1.

A absorção total de uma sala será dada por:

$$A = \sum_i a_i S_i$$

em que a_i são os coeficientes de absorção e S_i a área dos absorventes.

Problema proposto e solução adoptada

Verificáramos em espectáculos dados anteriormente no local que êste apresentava os seguintes defeitos:

1.º Em conferências com pouco público, um tempo de reverberação muito elevado, prejudicando altamente a compreensibilidade.
2.º Em espectáculos musicais com grande assistência, um ensurdecimento parcial da sala, especialmente para os instrumentos de corda que eram sempre abafados pelos de sôpro.

A nossa análise incidiu sôbre:

1.º Determinação tanto quanto possível exacta do tempo de reverberação, nas condições do espectáculo.
2.º Melhoramento das condições de propagação dos sons emitidos pelos instrumentos de corda, dispondo quaisquer superfícies difusoras reforçando as suas frentes de onda directas e tendo uma acção ineficiente sôbre os sons dos instrumentos de sôpro.

I) *Traçado das superfícies difusoras e sua construção*

Para o traçado das superfícies difusoras que se empregaram recorreu-se primeiramente à planta da orquestra e massa coral que nos permitiu localizar os vários naipes no gimnásio.

Pela própria distribuïção da orquestra, em T com os braços ocupados pelos instrumentos de corda, se nos impôs a idéia de estabelecer de cada lado da cena superfícies cilíndricas difusoras.

Da sua eficiência dá uma idéia muito precisa o traçado geométrico que apresentamos. O ponto S que se acha marcado corresponde ao ponto médio da área ocupada pelos instrumentos de corda que se procurava beneficiar.

No desenho se pode ver que uma frente de onda reflectida vai reforçar imediatamente a frente directa.

A extremidade A das superfícies provoca uma difracção da frente de onda de pouco interêsse.

A linha a ponteado é o lugar geométrico das imagens S'_1, S'_2, . . . da frente S em relação às diferentes geratrizes da superfície A B.

As linhas assinaladas por um algarismo encimado por um traço ($\overline{1}$, $\overline{2}$, . . .) representam as tangentes nos diversos pontos, utilizadas na determinação das imagens de S.

Fêz-se a construção apenas para um dos lados da sala tendo-se desprezado a acção de tôdas as outras paredes para não tornar confusa a figura.

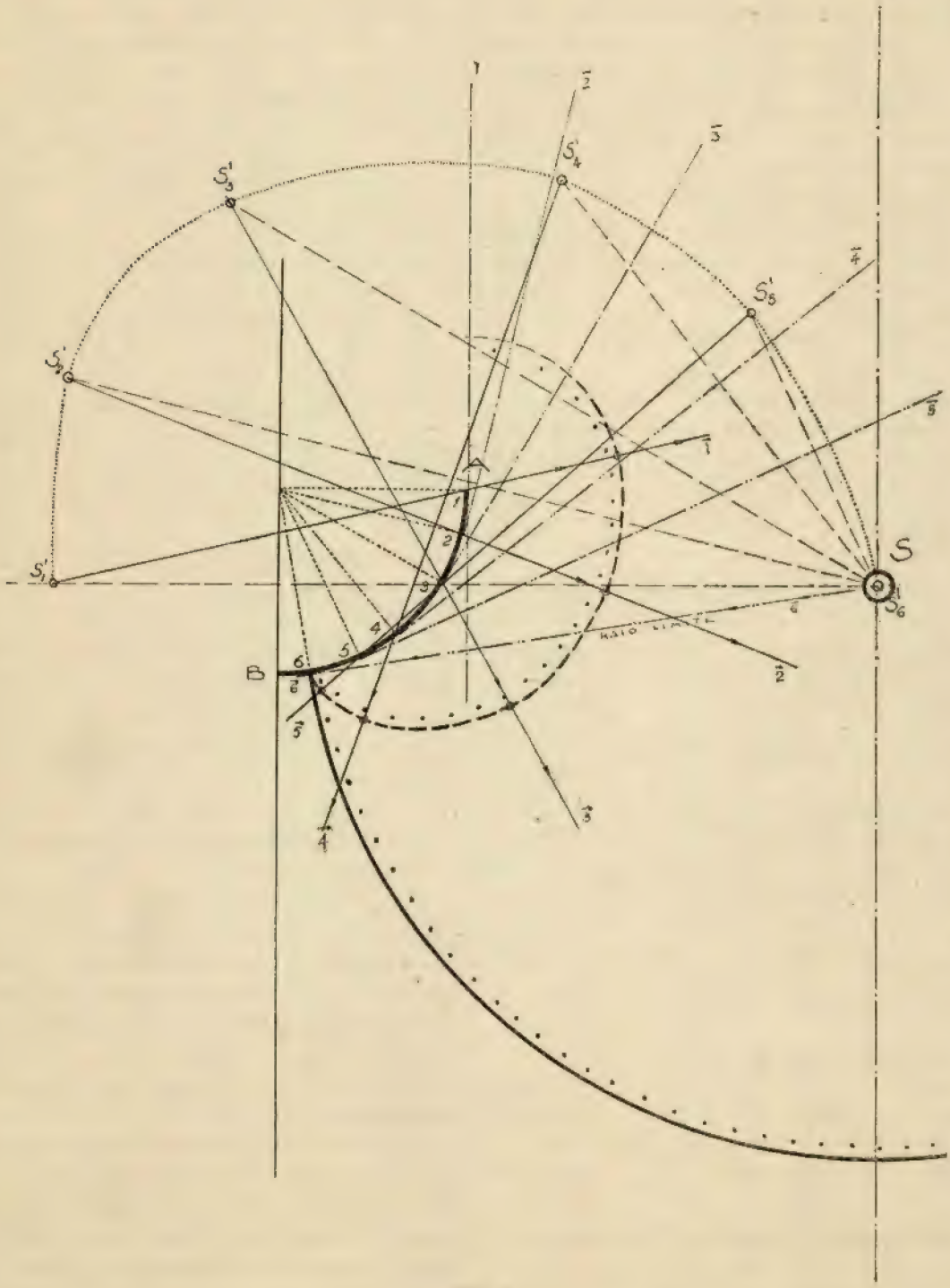


Fig 1

Resolvemos tornar a parede do fundo da cena tanto quanto possível absorvente afim de diminuir a sua acção reflectora muito eficaz sôbre os sons dos instrumentos de sôpro.

Dispuzemos para isso uma cortina a tôda a largura da sala (coeficiente de absorção = = 0,24).

Construtivamente as superfícies difusoras foram constituídas por uma armação de pinho, forrada a tábua, sôbre que se aplicaram painéis de estafe. Sôbre êste suporte aplicou-se finalmente o estuque.

Temendo que a face interna das superfícies, pela sua natureza, desse lugar a ressonâncias desagradáveis, revestiram-se, por precaução, com aglomerados de cortiça.

II) *Tempo de reverberação*

Segue-se resumidamente o cálculo feito para apreciar o valor da sala sob êste ponto de vista.

Sala em vazio

A) *Cálculo das superfícies absorventes:*

Pavimento:	1.º piso.....	658,6$^{m^2}$
	2.º piso.....	343,1$^{m^2}$
Teto (incl. as faces laterais das vigas).....		890,4$^{m^2}$
Teto sob a galeria.....		350,4$^{m^2}$
Aberturas: Portas de entrada do 1.º e 2.º piso	Vidro..	6,8$^{m^2}$
	Madeira	13,5$^{m^2}$
Porta a meio da sala.....	Chapa de ferro	4,4$^{m^2}$
	Vidro	5,6$^{m^2}$
Porta da cabine: Madeira.....		1,7$^{m^2}$
Portas para o terraço: Chapa de ferro.....		6,0$^{m^2}$
Aberturas das cabines dos alto-falantes.....		2,4$^{m^2}$
Janelas (J): Vidro.....		81,0$^{m^2}$
Paredes laterais	1.º piso.....	4087,0$^{m^2}$
	2.º piso.....	4014,0$^{m^2}$
	Galeria.....	134,7$^{m^2}$
	Cabine	28,9$^{m^2}$
	Pregas (ilum.).	25,0$^{m^2}$

B) *Cálculo da absorção total:*

Materiais	Observações	Coeficiente de absorção a_i	Superfície S_i	Unidades de absorção a_i
Estuque	Estuque sôbre cimento	0,020	9530	190,6
Madeira	—	0,061	1017	62,0
Vidro	—	0,027	93	2,5
Portas de ferro	Chapa	0,010	10,4	0,1
Aberturas	Para as câmaras dos alto-falantes	0,500	2,4	1,2

A absorção total será pois:

$$A = \sum_i a_i S_i = 256,4$$

C) *Cálculo do volume total:*

$$V \cong 4913^{m^3}$$

D) *Cálculo do tempo de reverberação:*

Fêz-se a partir da fórmula de Sabine sem qualquer correcção por nos parecer aceitável o seu uso neste caso.

$$t = 0,164 \cdot \frac{V}{A} = 3,1 \text{ seg}$$

E) *Tempo ótimo de reverberação:*

Já no início dêste artigo referimos e justificámos o critério a adoptar neste ponto tão delicado. Recorremos ao gráfico de Bagenal e Wood de grande utilidade por registar um número interessante de casos acústicos típicos. No gráfico que reproduzimos e no qual marcámos o ponto A, correspondente ao gimnásio do I. S. T. em vazio, se poderá ver a diferença de valores observada. Note-se porém que esta observação é à primeira vista enganadora pois nos leva a crer que o gimnásio será excessivamente reverberante. Deve-se porém esclarecer que o gráfico de Bagenal e Wood está traçado para

salas plenas. O que pelo contrário verificaremos adiante é que, estando a sala cheia de público, o tempo de reverberação desce muitíssimo e a sala tende mais para uma sala surda do que para uma com «bath conditions» designação pitoresca que por vezes aparece na literatura da especialidade para designar salas muito reverberantes.

Da consulta do gráfico tiramos pois:

$$t_{ótimo} = 1{,}7 \text{ a } 2 \text{ seg}$$

Sala plena

Descreve-se em seguida o cálculo prévio que se fêz do tempo de reverberação da sala com público ou orquestra, sem qualquer preocupação de distribuïção.

Tomando em conta a grande absorção introduzida pelas pessoas e ainda a absorção suplementar de cadeiras e estrados para a orquestra e côro, teremos uma absorção total:

$$A_p = 1354$$

assim distribuída:

Absorção permanente	256,4
Público e executantes (a S = 0,42 por pessoa)	1092,0
Estrados	5,5

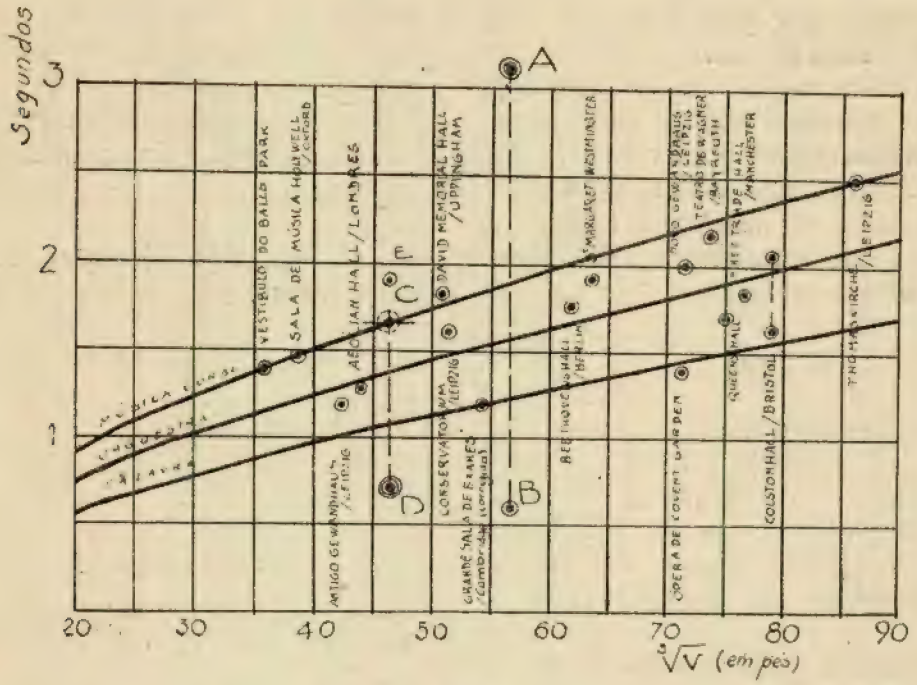


Fig. 2

A absorção arbitrada para o público foi feita a partir do número de espectadores que a Secção Cultural esperava arrumar no Gimnásio. Contra número tão elevado nos insurgimos logo de início por vir afectar profundamente o tempo de reverberação da sala.

Tempo de reverberação a sala plena:

$$t = 0{,}164 \cdot \frac{V'}{A_p} = 0{,}164 \cdot \frac{4819}{1354} = 0{,}6 \text{ seg}$$

em que A_p é a obsorção permanente e V' o volume corrigido pelo desconto do volume provável dos estrados.

Êste resultado corresponde ao ponto B do gráfico e afasta-se muito sensìvelmente do tempo ótimo de reverberação para música coral.

Há porém necessidade de corrigir êste cálculo prévio adaptando-o às condições reais de funcionamento do ambiente.

Cálculo do tempo de reverberação corrigido

O processo simplista que adoptámos na determinação do tempo de reverberação tem de se abandonar para descer a uma análise mais conscienciosa.

Uma das maiores dificuldades com que se depara no cálculo do tempo de reverberação é o estabelecimento do volume. Com efeito consideremos dois volumes V^{I} e V^{II} contíguos, ligados por uma abertura de S m^2 e suponhamos que pretendemos determinar o tempo de reverberação *t*.

Se fôr

$$A^{II} > S$$

isto é, a obsorção total no volume anexo V^{II} maior que a superfície de comunicação expressa em m^2, é evidente que não devemos considerar êste volume mas sim considerar o volume V^{I} entrando para a superfície S com um coeficiente de absorção igual à unidade.

De uma maneira geral podemos enunciar a seguinte conclusão de grande utilidade a quem projecta ou corrige:

Os volumes anexos a um dado ambiente fazem parte do volume reverberante sempre que a sua absorção total seja inferior à superfície de ligação expressa em metros quadrados. Caso contrário, devemos desprezá-los, entrando com o volume principal e tomando coeficientes de absorção unitários para as superfícies de comunicação.

Esta observação tornava-se desnecessário fazê-la se atentarmos que ela é afinal apenas um corolário da definição de unidade de absorção que correntemente se adopta. Com efeito, 1 m^2 de qualquer absorvente tem como valor limite de absorção total a unidade, caso equivalente a uma janela aberta, ou seja, o caso de reflexão sonora nula.

Entrando em conta com estas observações fizemos a correcção do cálculo anterior.

Descrevemos e justificámos já os motivos que nos levaram a estabelecer duas superfícies difusoras junto à bôca de cena. Encarando a modificação sob êste último critério vemos que ela leva a um estrangulamento da secção transversal da sala. Se repararmos que a absorção produzida pela orquestra e massa coral ocupando um volume V^{III} da sala são notáveis, vemos que há necessidade de estudarmos a questão.

Além disso o volume V^{I} sob o balcão é ocupado por muito público e o do próprio balcão de frente V^{II}, com as filas suplementares que se estabeleceram posteriormente, fica com uma absorção total considerável. E o exame dêstes volumes anexos que se faz a seguir.

I) *Cálculo das absorções nos volumes anexos*

$$V^{I}, V^{II} \text{ e } V^{III}$$

a) *Absorção em V^{I}*

Público:

$$\sim n' = 160 \text{ pessoas}$$

$$\therefore A_{V'} = n' \,.\, a_i\, S_i = 160 \,.\, 0{,}42 = 67{,}2$$

b) *Absorção em V^{II}*

Público (incluindo peões):

$$\sim n'' = 120$$

$$\therefore A_{V''} = n'' \,.\, a_i\, S_i = 120 \,.\, 0{,}42 = 50{,}4$$

c) *Absorção em V^{III}*

Executantes e côro (e alguns espectadores de balcão):

$$\sim 250 \text{ pessoas}$$

$$\therefore A^{1}_{V'''} = n''' \,.\, a_i\, S_i = 250 \,.\, 0{,}42 = 105$$

Cortina do fundo e laterais:

$$A^{2}_{V'''} = 0{,}23 \,.\, 70^{m^2} = 16$$

$$\therefore A_{V'''} = 121$$

Nota — As absorções calculadas nas alíneas *a*), *b*) e *c*) são evidentemente menores que as reais pois entrámos apenas com a influência das pessoas e só no cálculo da absorção em V''' entrámos com as cortinas.

Não detalhámos mais êste cálculo, pois esta verificação grosseira mostra que não devemos considerar os volumes V', V'' e V''' pois sendo

$$S' \cong 67^{m^2},\ S'' \cong 42^{m^2} \text{ e } S''' \cong 115^{m^2}$$

é $$A' > S',\ A'' > S'' \text{ e } A''' > S'''$$

d) *Cálculo final do tempo de reverberação*

Começaremos por calcular a absorção total no volume V:

Absorventes	$A_i\ S_i$
Estuque, madeira e vidro	30,5
Aberturas (S', S'', S''')	224,0
Público	420,0

Absorção total:

$$A_{p_{corrig.}} = 676{,}5 \cong 680$$

Tempo de reverberação:

$$t_{p_{corrig.}} = 0{,}164 \frac{V}{A_{p_{corrig.}}}$$

$$\therefore\ t_{p_{corrig.}} = 0{,}164 \frac{2803}{680} = 0{,}7 \text{ seg.}$$

Tempo óptimo de reverberação:

$t'_{ót} = 1{,}5$ a $1{,}7$ seg. (Bagenal e Wood)

e) Representação gráfica:

Na gravura abaixo se apresentam as curvas $t = f\ (V)_{Vazio}$ e $t = f\ (V)_{Corrigido}$. Nelas vemos que o factor público é que comanda o tempo de reverberação da sala e as suas qualidades acústicas.

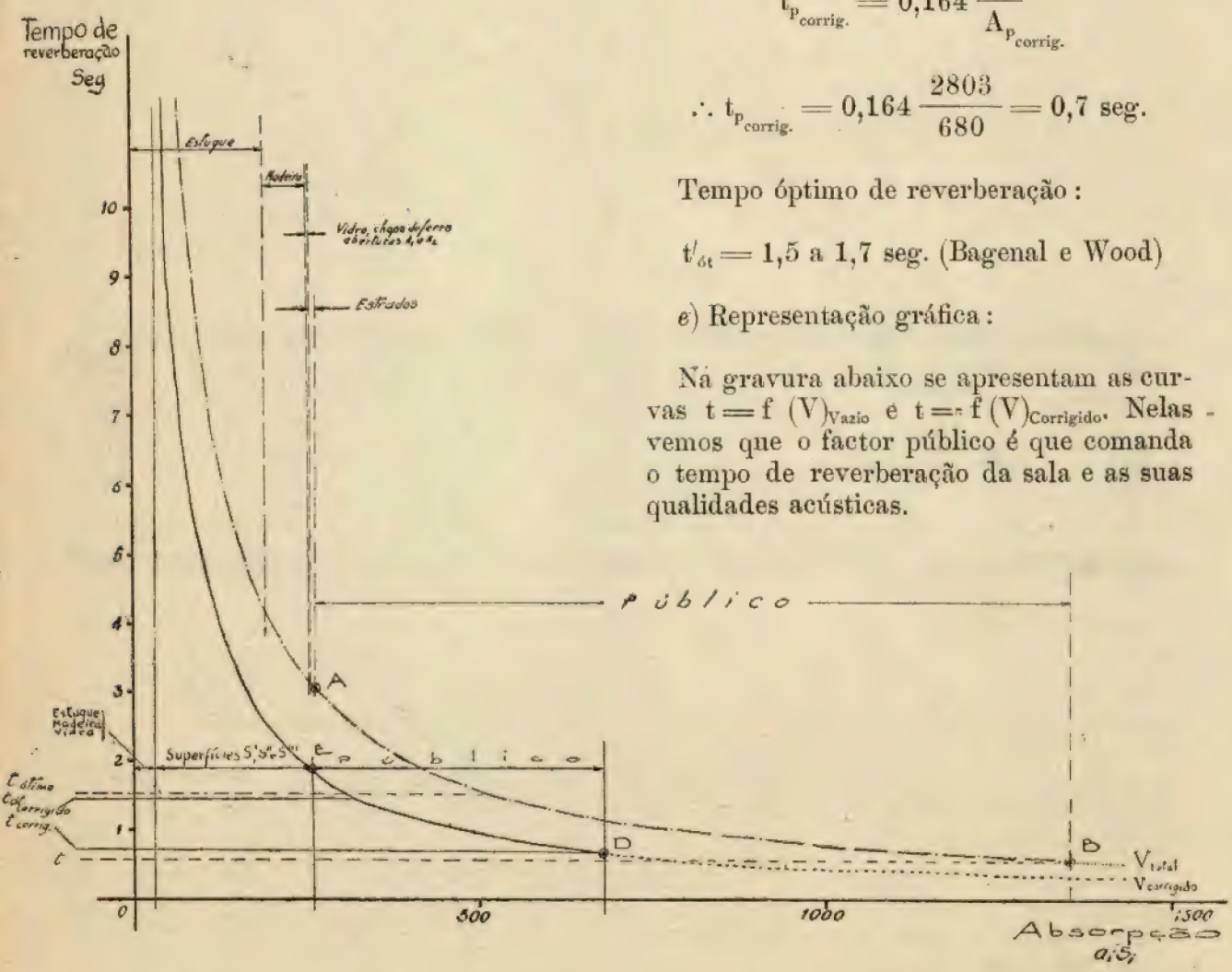


Fig. 3

Interferências

Em certas casas de espectáculo aparecem por vezes pontos de interferência muito notáveis provocados quási sempre por frentes de onda reflectidas pelo teto. Estudámos neste caso o problema a título de curiosidade, pois não nos preocupava visto termos assegurada uma dispersão de som satisfatória. Apenas pretendemos estabelecer um gráfico que nos mostrasse a densidade de interferências provocadas pelo teto em cada ponto. Para isso, do exame da figura, tiramos:

$$\bar{\rho} = \sqrt{\frac{x^2}{4} + h^2}$$

A diferença de marcha da onda directa e da reflectida será:

$$\bar{\rho} = 2\sqrt{\frac{x^2}{4} + h^2} - x$$

Ora o máximo de interferência dar-se-á para:

$$\bar{\rho} = \frac{\lambda}{2} \text{ ou } \bar{\rho} = K\frac{\lambda}{2}$$

em que λ é o comprimento de onda e K um número ímpar.

Então

$$2\sqrt{\frac{x^2}{4} + h^2} - x = K\frac{\lambda}{2}$$

mas

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

em que c é a celeridade (velocidade de propagação) e f a freqüência.

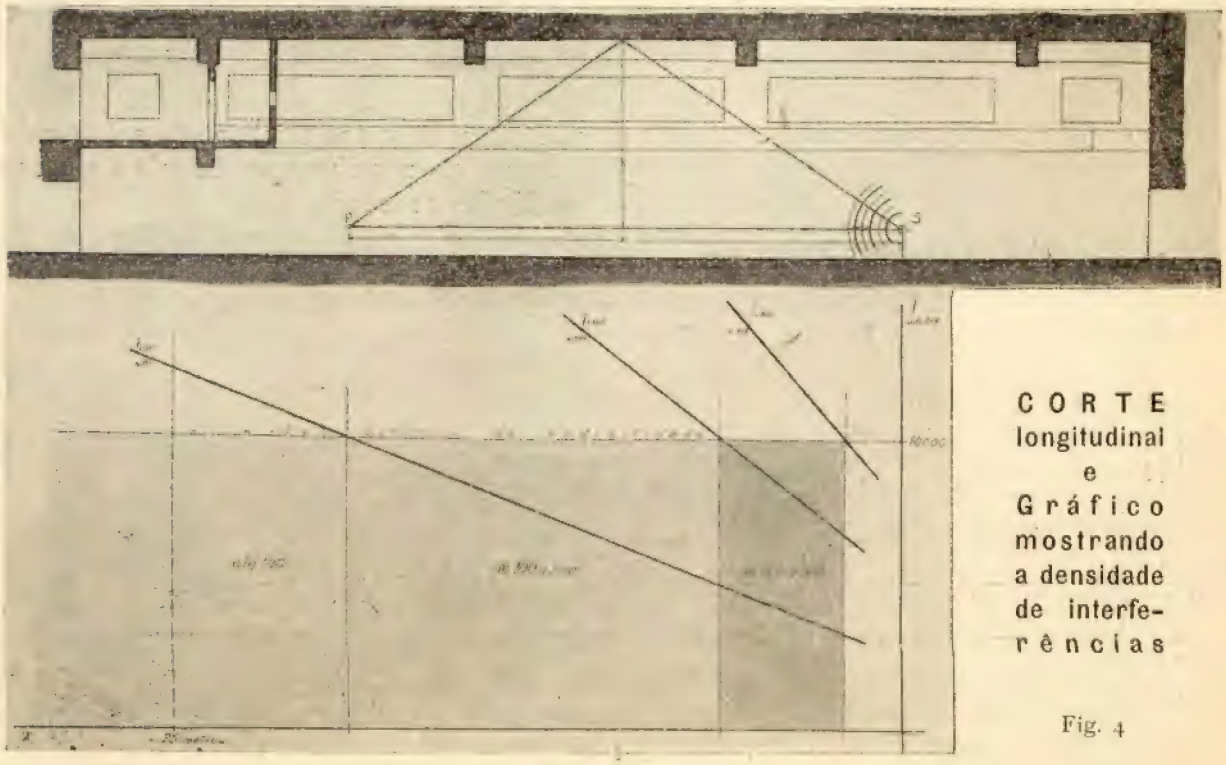
Teremos:

$$f = \frac{K \cdot c}{4\sqrt{\frac{x^2}{4} + h^2} - 2x} = \frac{170\,K}{\sqrt{144 + x^2} - x}$$

pois no nosso caso é $h = 6^m$ (distância do nível do ouvido do espectador ao teto).

Ora a função

$$f = \frac{170\,K}{\sqrt{144 + x^2} - x}$$



CORTE longitudinal e Gráfico mostrando a densidade de interferências

Fig. 4

é a de uma família de cónicas de parâmetro k que se verifica fàcilmente serem hipérboles.

Dando sucessivos valores a k obteremos tôdas as linhas de interferência. No desenho acham-se traçadas a l_{100} correspondente a $k = 199$, a l_{200} ($k = 399$) e l_{300} ($k = 599$). Fêz-se no entanto uma simplificação — tomaram-se como rectas os ramos da hipérbole, o que aliás pouco se afasta da realidade.

***

O interêsse destas considerações é muito relativo pois nem em todos os pontos as interferências são tão eficientes porque *à medida que nos aproximamos da fonte sonora tanto maior vai sendo o ângulo que forma a direcção de propagação do som directo com o som reflectido.*

Por outro lado *a densidade de interferências é tanto maior quanto mais próximos estamos da frente sonora.*

Como sempre, no meio estará a virtude.

Considerações finais:

Segundo a opinião de pessoas competentes a acústica da sala cumpriu plenamente.

Pessoalmente lamentamos a impossibilidade patente de elevar um pouco mais o tempo de reverberação. No entanto a alegria que tivemos de todos os naipes se ouvirem com os valores desejados foi uma compensação satisfatória.

Alguma coisa se fêz, alguma coisa se conseguiu — muito ou pouco. Ficasse só a nossa reacção para valer a pena.

Cabem agora algumas observações a quem desenhou a sala e alguns conselhos a quem depois de nós, tiver de a utilizar para outros espectáculos.

1.º Não sabemos bem se ao ser projectada a sala do gimnásio se tencionava dedicá-la exclusivamente a êste fim ou também a salão de festas. Porém, a inclusão na planta de uma cabine de cinema e de um *écran* leva a acreditar nesta última hipótese.

Mas num ou noutro caso a reverberação em vazio é exageradíssima — mesmo para um gimnásio, onde os ruidos são freqüentes, é fatigante a sua acústica.

Não há proporção entre o volume e os absorventes usados.

Uma sala de espectáculos deve ter, por outro lado, um tempo de reverberação pràticamente independente do público. Para isso trabalhar-se-á com uma absorção permanente que nos conduza ao ramo inferior da hipérbole o que nos dará para grandes variações de A uma pequena variação de t.

É certo que o problema não é imediato e requere algum trabalho.

Há que satisfazer duas exigências: uma de ordem fisiológica ou estética que nos dá os tempos de reverberação ótimos em função dos volumes

$$t_{ót} = \varphi\,(V)$$

outra de ordem física que nos dá o tempo de amortecimento de som residual em função do volume da sala para uma dada absorção

$$t = \tau\,(V)$$

O caminho a seguir parece-nos ser o seguinte: Fixar por alto o público provável e conseqüentemente a absorção $A_{público}$; marcar sôbre um certo número de hipérboles da família $t = \Theta\,(A)$ para vários valores de parâmetro V os tempos ótimos de reverberação que podem ser tirados do gráfico de Bagenal e Wood; escolher uma curva de funcionamento tal que pela introdução de $A_{público}$ o ponto figurativo se desloque no ramo inferior e já pouco inclinado da hipérbole.

Quanto aos conselhos a dar a quem tente a instalação cinematográfica, diremos que convem ensurdecer a sala o mais possível tornando certas paredes absorventes. A cabine parece-nos que será desastrosa por ser suspensa e não ter espaço nem apoio para estabelecer um fixe. Quanto às câmaras dos alto-falantes não sabemos o critério usado no seu cálculo mas quere-nos parecer que não conduzirão a resultados brilhantes sem um reajustamento criterioso.

Para terminar estas considerações resta esclarecer os motivos que explicam o facto de os instrumentos de corda estarem na sala, antes de corrigida pelas superfícies que se construíram para o concêrto, em condições de audição piores que os de sôpro.

Vimos já que a sala, de proporções erradas, era comandada exclusivamente pelo factor público.

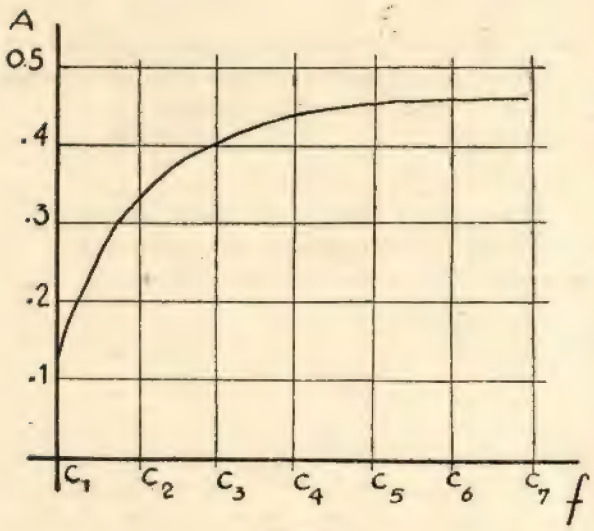


Fig. 5

O precedente gráfico dá-nos o coeficiente de absorção do público, por pessoa, sendo as freqüências $C_1 = 64\ H_z$, $C_2 = 2 \times 64\ H_z$, etc.

Notemos que, de um modo geral, os instrumentos de corda têm freqüências mais elevadas do que os de sôpro. Assim num violino as freqüências fundamentais oscilam entre 210 e 3.900 com harmónicas que vão até aos 14.000 ciclos/seg. Um clarinete alto tem as fundamentais entre 170 e 1.900 sendo o limite superior das harmónicas de 8.000 ciclos/seg.

Não quere dizer que não haja instrumentos de corda de freqüências fundamentais pequenas, como o contrabaixo e outros. Mas de um modo geral pode dizer-se que os instrumentos de corda preponderantes numa orquestra têm freqüências superiores aos de sôpro.

No gráfico de absorção devido ao público vemos que os a_i são muito menores para as baixas de que para as altas freqüências. Daí o ensurdecimento parcial da sala que verificáramos.

PONTOS DE EXAMES DE APTIDÃO

Saídos nas duas últimas épocas de exames

Matemática

I — Uma liga de ouro e cobre contém 20 por cento de cobre. Juntando-lhe 500 gramas de ouro, a percentagem do metal nobre passa a ser de 85 por cento. Calcular a quantidade de ouro existente naquela liga e o pêso da mesma liga.

II — Determinar os valores inteiros e positivos de a e b para os quais a função de x definida pela equação $\frac{x-a+1}{x^2+x-1}=\frac{y+b-1}{y^2-y+1}$ se anula para $x=2$.

III — Sendo tg α e tg β as raízes da equação $(x-1)(k^2x+1)=2k$, exprimir tg $(\alpha+\beta)$ em função de k e determinar k para que α e β sejam complementares.

IV — Dadas duas circunferências, de raios 2 e 3 centímetros, tangentes exteriormente, determinar a área do triângulo formado pelas tangentes comuns às mesmas circunferências.

V — Dado um rectângulo de lados a e b, tirar, pelo meio do lado a, uma recta que divida o rectângulo em duas partes cujas áreas estejam na razão $\frac{m}{n}$.

VI — Um cone de revolução è uma esfera estão assentes sôbre um plano horizontal. Sabendo que o raio da esfera é igual a 8 centímetros e que, no cone, a altura e o diâmetro da base são iguais ao diâmetro da esfera, determinar a distância daquele plano a que se lhe deve tirar um plano paralelo para que sejam iguais as secções determinadas por êste plano no cone e na esfera.

VII — Se a velocidade de um veículo aumentar de modo que as rodas em cada volta gastem menos um segundo, o tempo gasto num percurso deminuïrá uma hora e meia. Sabendo que as rodas do veículo têm o raio igual a 40 centímetros, calcular a extensão daquele percurso.

VIII — Mostre que se a, b e c são lados de um triângulo, o trinómio $a^2x^2+(b^2-a^2-c^2)x+c^2$ é positivo para todos os valores de x.

IX — Determinar os ângulos B e C de um triângulo rectângulo, sendo $\operatorname{tg}\frac{B}{2}\operatorname{tg}\frac{C}{2}=\frac{1}{6}$.

X — A área da coroa circular limitada pelas circunferências inscrita e circunscrita a um hexágono regular é igual a $31^{cm2},4$. Determinar a área do hexágono.

XI — Inscrever numa circunferência de raio R um triângulo isósceles tal que a base seja $\frac{m}{n}$ da altura.

XII — Dado um tetraedro regular de aresta a, tirar, por uma das arestas, um plano que divida o tetraedro em duas partes cujos volumes estejam na razão $\frac{1}{2}$.

XIII — Três proprietários têm de participar nas despesas de um canal de irrigação proporcionalmente à extensão das suas propriedades e na razão inversa das distâncias das mesmas propriedades ao canal. Tendo as despesas do canal importado em 200 contos, calcular a parte a pagar por cada proprietário sabendo que as propriedades têm de extensão 65 hectares, 96,2 hectares e 70 hectares e que as suas distâncias ao canal são respectivamente 250 metros, 100 metros e 200 metros.

XIV — Determinar k de modo que $2x(x+2)-k^2>1$ seja verificada para todos os valores de x.

XV — Mostre que num triângulo rectângulo de hipotenusa a, é

$$\frac{\operatorname{tg} B}{1+\sec B}=\frac{b}{a+c}$$

XVI — Determinar a área do losango circunscrito a uma circunferência de raio 3 centímetros, sabendo que um dos ângulos do losango mede 60°.

XVII — Determinar a área de um trapézio isósceles inscrito numa circunferência de raio R, sendo uma das bases igual ao diâmetro e um dos lados não paralelos igual a a.

XVIII — Dada uma esfera de raio R, determinar a distância do centro a que se deve tirar um plano secante para que seja igual ao volume da esfera a soma dos volumes do cone circunscrito à esfera com base na secção dêsse plano e do cone com a mesma base e vértice no centro da esfera.

Físico-químicas

I — Estudo de uma função química: função hidrocarboneto. Séries homólogas e isólogas; tipos de hidrocarbonetos. Propriedades gerais. Caracterização química.

II — Tem-se uma mistura de óxido de carbono e de metano. Fazendo arder esta mistura gasosa e recolhendo os produtos da combustão obtêm-se 0,264 gramas de anidrido carbónico e 0,108 gramas de água. Achar a composição volumétrica da mistura ensaiada e indicar as suas propriedades mais características.

$$(C=12 \qquad H=1 \qquad O=16)$$

III — Sabe-se que uma boa niquelagem deve dar um depósito metálico que tenha, pelo menos, uma espessura de 25 microns. Pretende-se niquelar um objecto com 2^{dm2} de superfície, utilizando uma solução de sulfato de níquel. Dispomos de elementos de acumuladores, cujas características são:

Fôrça electro-motriz	2,5 volts
Resistência interna	0,2 ohms

Quantos dêstes elementos devemos associar em série para efectuar a niquelagem indicada ao fim de 1 hora e meia.

A resistência do banho é igual a 8 ohms.

As tabelas dão

Pêso atómico do níquel . .	59
Pêso específico do níquel .	8,8 grs/cm³
Valência do níquel	2

Faça um esquema da montagem.

IV — Calorimetria física: calores específicos, capacidades caloríficas e calores de mudanças de estado físico. Medição e cálculo destas quantidades. Unidades correspondentes.

V — Uma amostra de um material de cortiça pesa, no ar, 2,14 gramas. Um imersor metálico, com o pêso de 10 gramas e um pêso específico igual a 10,5 gramas por centímetro cúbico, liga-se à referida amostra; o conjunto pesa, na água, 2,28 gramas. Achar o pêso específico da cortiça.

VI — Imagine a seguinte instalação: numa fornalha de um gerador de vapor queima-se hulha. O vapor produzido trabalha no cilindro de uma máquina térmica e, por meio de órgãos de transmissão apropriados, vai pôr em movimento o induzido de um dínamo. Esta máquina gera corrente que se lança num circuito alimentador de alguns motores eléctricos, várias lâmpadas de incandescência e um electrolizador. Indique as diversas formas de energia que intervêm nas transformações energéticas correspondentes às operações indicadas; diga o que sabe sôbre os rendimentos com que tais transformações se realizam e conclua sôbre o valor de algumas formas de energia.

VII — Preparação dos ácidos minerais, segundo as regras de Berthollet. Ilustre o processo com três exemplos: ácido volátil, ácido insolúvel e ácido fixo e solúvel. Importância prática dos ácidos minerais.

VIII — A análise química de um composto deu o seguinte resultado:

Magnésio	11,96
Cloro	34,86
Água de cristalização	53,17

Achar a fórmula química, o nome do composto analisado e dizer qual será o efeito do calor sôbre êste sal.

$$(H=1 \qquad Mg=24,3 \qquad Cl=35,5 \qquad O=16)$$

IX — Um motor de explosão, alimentado por uma mistura gasosa formada por massas iguais de hidrogénio e óxido de carbono (gás de água hidrogenado) consome 300 litros desta mistura por minuto. Sabendo que as quantidades de calor libertadas na combustão completa de 2 gramas de hidrogénio e 28 gramas de óxido de carbono, nas condições em que são utilizados, são, em números redondos, respectivamente iguais a 60:000 e 70:000 calorias e que o rendimento do motor é de 25 por cento, pretende-se calcular a potência do mesmo, em cavalos vapor.

X — Comparação estática dos pesos e avaliação das massas. Balanças. Métodos de pesagem.

XI — Um observador, habituado a apreciar à vista, com grande aproximação, as distâncias, avalia em $1^m,5$ a profundidade de um tanque cheio de água, quando visa o fundo, olhando quási segundo a normal. O tanque é de secção quadrada e o lado mede 20 palmos. Calcular a capacidade real do tanque, sabendo:

1) Que o palmo do observador vale 20 centímetros;
2) Que o índice de refracção da água, em relação ao ar, é igual a 4/3.

XII — ¿Por que razão não é possível preparar o sulfureto de alumínio fazendo passar uma corrente de gás sulfídrico através de uma solução de um sal de alumínio?

XIII — Hidratos de carbono. Composição. Propriedades gerais. Aproveitamento na preparação dos alcoóis. Importância prática dêstes produtos.

XIV — Um mineral de ferro tem a seguinte composição:

Óxido de ferro	48,0
Óxido magnético	34,8
Impurezas	17,2

Calcular o volume de óxido de carbono, medido nas condições normais, teòricamente necessário para reduzir uma tonelada dêste minério, e dizer como se chama o produto assim obtido.

($O = 16$ $Fe = 56$ $C = 12$)

XV — De um processo industrial de nitração obteve-se, como resíduo, uma mistura ácida que continha 23 por cento de ácido azótico, 57 por cento de ácido sulfúrico e 20 por cento de água, em pêso. Precisa-se, para continuar a utilizar esta mistura sulfonítrica em outras operações nitrantes, concentrá-la, de modo a obter uma mistura com 27 por cento de ácido nítrico, 60 por cento de ácido sulfúrico e 13 por cento de água. Dispõe-se, para isso, de ácido sulfúrico concentrado com 93 por cento de SO_4H_2 e de ácido nítrico concentrado com 90 por cento de NO_3H. Determinar as quantidades, em pêso, da mistura residual e de cada um dos ácidos concentrados que é preciso misturar para obter 100 quilogramas da mistura que se pretende.

XVI — Fenómenos de condensação eléctrica. Condensadores e sua associação. Fórmulas gerais e aplicações.

XVII — Pretende-se arranjar um motor que acoplado a uma bomba, seja capaz de encher, em meia hora, um depósito de capacidade igual a 20 metros cúbicos, situado a altura de $5^m,4$, com um líquido cujo pêso específico vale 1,5 gramas por centímetro cúbico. Supondo que a bomba tem um rendimento de 80 por cento e que os motores térmicos têm o rendimento de 30 por cento e os motores eléctricos de 90 por cento, quere saber-se qual a potência do motor que é preciso comprar, expressa em cavalos vapor, para os primeiros, e em Kw, para os segundos e quais serão os mais económicos?

XVIII — ¿Como é possível determinar a riqueza alcoólica de um líquido com o alcómetro de Gay-Lussac? Justifique a resposta.

XIX — Teoria da dissociação electrolítica. Hipóteses de Arrhenius. Aplicação à física e à química. Um exemplo de cada uma destas aplicações.

XX — Um calcáreo tem a seguinte composição centesimal:

Carbonato de cálcio	90,0
Carbonato de magésio	8,4
Matérias inertes	1,6

Calcular a quantidade de cal viva e de anidrido carbónico que se obtém pela cal-

cinação de uma tonelada dêste calcáreo é dizer se a cal, assim preparada, será, ou não, pura.

$$(Ca = 40 \quad Mg = 24 \quad C = 12 \quad O = 16)$$

XXI — Um gerador de vapor (caldeira) contém 4 toneladas de água e 2 metros cúbicos de vapor, ambos à temperatura de 150° C. Pretende-se determinar a quantidade de calor, expressa em pequenas calorias, que teria sido necessária para, partindo da água a 0°, atingir o estado anteriormente indicado. Supõe-se que abaixo de 150° nenhuma vaporização se verifica (isto é, todo o vapor se produz a esta temperatura) e que o vapor se comporta como um gás perfeito. Sabe-se que a pressão máxima do vapor de água, expressa em quilogramas por centímetro quadrado, à temperatura $t°$, pode ser dada pela fórmula:

$$P = \left(\frac{t}{100}\right)^4$$

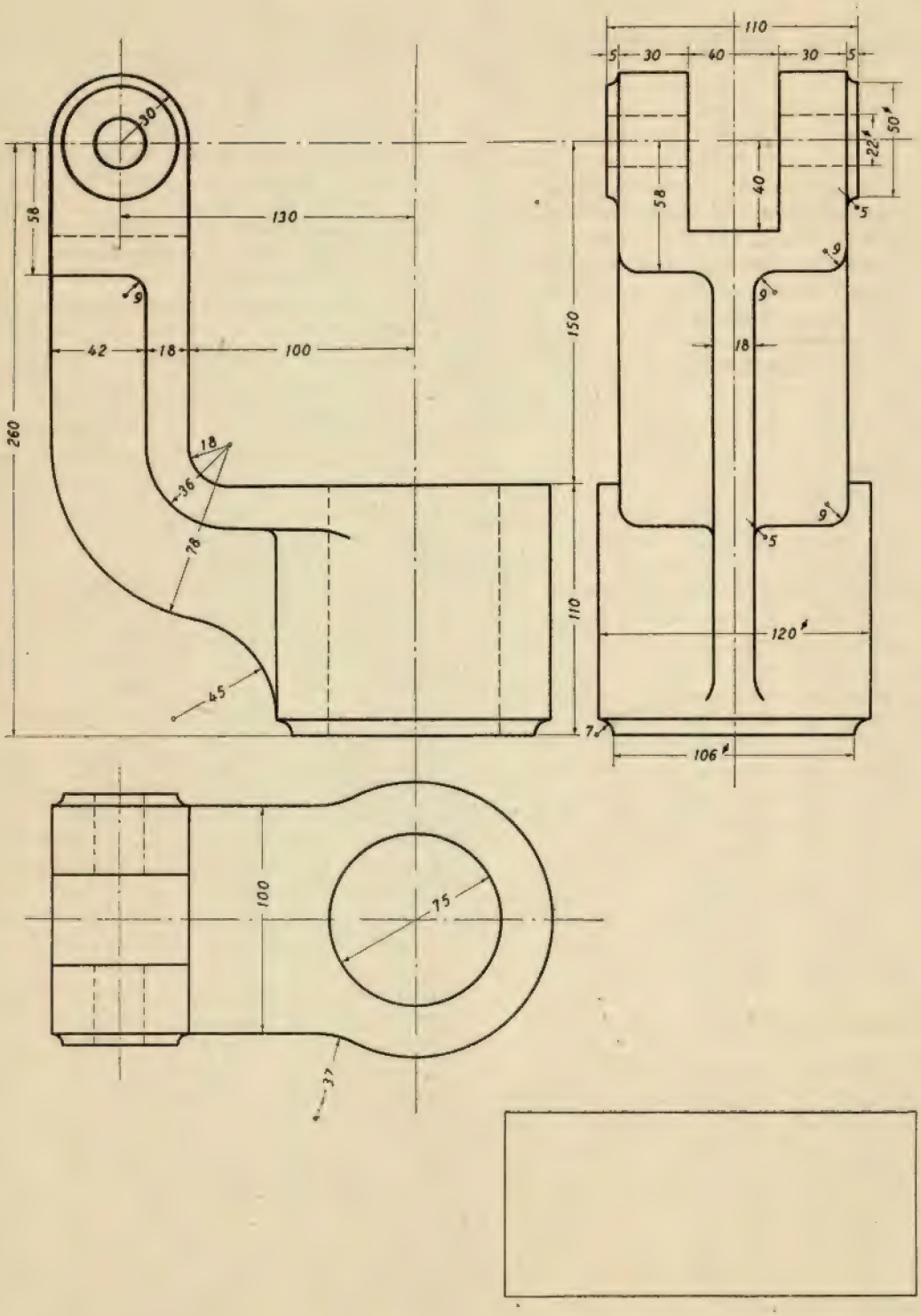
e que o calor de vaporização da água à temperatura $t°$, referido a 1 quilograma, se calcula pela expressão:

$$K_{OH_2} = 607 - 0{,}7\,t$$

XXII — Explicar geomètricamente o funcionamento de um microscópio composto. Operações de focagem.

XXIII — Precisa-se de encher de hidrogénio um balão esférico que tem 10 metros de diâmetro, aproveitando o gás armazenado em cilindros. Determinar o número de cilindros precisos, sabendo que os manómetros dos cilindros cheios de gás marcam a pressão de 150 atmosferas e que a diferença de pêso dos cilindros vazios e cheios de água, é igual a 60 quilogramas.

XXIV — ¿Quais são e o que significam as características de uma bateria de acumuladores?


30
58
130
9
42
18
100
260
18
36
18
45
150
110
7
110
5
30
40
30
5
50
22
58
40
5
9
9
18
9
5
120
106
100
75
37

DO MUNDO TÉCNICO

Pavimentos de terra-cimento

Por P. P. C.

I — Introdução

O emprêgo do cimento como estabilizador de terrenos é um problema do maior interêsse neste momento em que a construção e reparação de muitas estradas se acham paralizadas por dificuldades de abastecimento de materiais de procedência estrangeira, até agora correntemente empregados.

O assunto não constitui novidade, pois há já bastantes anos que se pratica nos U. S. A. a adição de cimento Portland, com o objectivo de se conseguir a estabilização dos terrenos no seu ponto de máxima resistência.

Recentemente, a «Dirección Nacional de Vialidad», a «Dirección de Vialidad» da Província de Buenos Aires e a «Corporación de Transportes» da mesma cidade fizeram numerosos ensaios e aplicações dêste método de consolidação do terreno, com resultados muito felizes, progressivamente melhorados, afirmando os engenheiros que os experimentaram que esta conquista da técnica pode levar-se ao campo prático em vasta escala, com tôda a segurança.

As aplicações mais adequadas do sistema são os pavimentos para caminhos de tráfego ligeiro, as pistas para aeroportos secundários e zonas anexas nos aeroportos principais, caminhos interiores e de acesso em regiões industriais, praias, páteos e veredas, revestimentos de canais e taludes, diques, labrilhos e blocos para construções económicas e silos subterrâneos.

Indicar-se-á a seguir apenas a preparação de caminhos para tráfego ligeiro, para os quais se obtiveram muito bons resultados na Argentina, donde foram recebidos os abundantes dados informativos que permitiram coligir a presente notícia.

II — Fundamento do sistema

A resistência de uma massa de terra à acção das cargas depende dos elementos constituintes, cujas partículas têm tamanhos diferentes, possuirem em maior ou menor grau duas propriedades físicas básicas: fricção interna e coesão.

A areia, com as partículas maiores, tem elevada fricção interna e nenhuma coesão; no barro, com partículas de tamanho intermédio, a fricção interna e a coesão são baixas; enquanto que a argila, com as partículas mais pequenas, possui fricção interna muito baixa, quási inapreciável, e alta coesão.

Estas propriedades são susceptíveis de modificação ao variar a percentagem de umidade e realizar uma adequada compacidade, resultando para cada classe de terreno uma percentagem óptima à qual corresponde uma resistência máxima. Mas êste estado não é permanente, pois a diminuïção ou o aumento de umidade alteram a estabilidade conseguida.

O problema reside pois em compactar o terreno naquela condição óptima. Consegue-se isso da maneira mais eficiente com a adição de cimento Portland, mediante uma prévia e adequada preparação do terreno a utilizar. Porém, os procedimentos indicados são tão simples que a operação total tem tôda a simplicidade que se deduz da expressão «mistura» que usamos para a definir.

O cimento Portland actua de várias maneiras, devido às suas particulares qualidades, tôdas elas favoráveis para chegar à finalidade desejada: a estabilização da terra na sua máxima resistência possível.

Ao misturar o cimento Portland com a terra, quaisquer que sejam as características desta, aquele modifica as propriedades prejudiciais dos elementos componentes do terreno e além disso agrupa-os numa nova estrutura de difícil alteração.

Quando se produz a prêsa, o cimento Portland fixa porções de terreno com o qual se consegue estabilizar na sua máxima densidade, que corresponde à sua máxima resistência, e impedir que êsse estado possa ser modificado por uma diminuïção ou aumento de umidade.

Além disso, o cimento Portland, pela resistência que adquire ao fazer prêsa, reforça a solidez de tôda a massa, que se transforma num bloco compacto, cuja resistência ao corte é considerável.

Pode dar-se uma idéia das qualidades da «terra-cimento» o facto de que com terrenos favoráveis, se obtiveram pesos específicos aparentes elevados ou seja de 2:000 kg por m³, quando o pêso de uma massa igual de betão oscila por cêrca de 2:400 kg.

Tal é o material produzido pela mistura de terra com cimento Portland e cujas qualidades podem ser variadas para adaptá-lo às diferentes aplicações a que nos referimos no preâmbulo dêste artigo, mediante adequadas modificações no método construtivo e a utilização de várias percentagens de cimento e diferentes tipos de terras.

III — Processo construtivo do pavimento «terra-cimento»

a) Remeximento. — Para efectuar a mistura com o cimento, pode utilizar-se a terra do lugar ou outra prèviamente seleccionada.

No primeiro caso é preciso remexer a superfície na espessura necessária, para o que se usam relhas, grades ou discos. Prèviamente deve-se proceder ao

nivelamento do terreno controlando com cuidado os perfis longitudinal e transversal da rasante. (fig. 1)

b) Pulverização. — Para que esteja apta para a mis-

Fig. 1

tura, a terra deve ser pulverizada. Esta operação efectua-se com diversos elementos segundo as características dos terrenos, sua quantidade de umidade e a compacidade que tinham antes do remeximento.

Em superfícies reduzidas empregou-se com êxito uma escardadora agrícola com motor, que se maneja como se pode ver na fig. 2.

Fig. 2

A granulometria do terreno pulverizado deverá ser aproximadamente a seguinte:

Passar no crivo de	1"	(25 mm)	100 %
» » tamis N.°	4	(4,76 mm)	80 %
» » » N.°	10	(2 mm)	66 %

c) Distribuïção do cimento Portland — Determina-se o pêso específico da terra a utilizar para estabelecer o volume necessário que é preciso obter para a mistura, com a densidade preestabelecida.

De acôrdo com o volume de terras a misturar, determinam-se as distâncias a que devem colocar-se os sacos de cimento Portland em tôda a superfície para que a mistura tenha a proporção indicada (fig. 3).

d) Mistura — Distribuído o cimento Portland sôbre o solo, procede-se ao espalhamento cobrindo uniformemente tôda a superfície.

Fig. 3

A mistura efectua-se com grades de dentes flexíveis, grades de discos ou qualquer outra maquinaria adequada (fig. 4). Pode empregar-se com êxito a mesma máquina que se usou para a pulverização.

Quando se tenha obtido uma mistura uniforme a qual pode apreciar-se pela coloração da superfície, suspende-se a operação.

Fig. 4

e) Adicionamento da água — O adicionamento da necessária para a mistura da terra — cimento Portland, pode efectuar-se regando a superfície do terreno pulverizado e deixando-o em repouso durante um certo tempo, pois o grau óptimo de humidade não dificulta em geral a operação da mistura.

Convém fazer a rega com distribuïdores de pressão e não por meio da gravidade, pois obtém-se uma distribuïção de humidade mais uniforme (fig. 5).

f) Alisamento e compacidade — O estender e alisar da mistura efectua-se com um cilindro.

Para a compacidade utiliza-se o cilindro «pata de cabra» até que depois dum certo número de passagens as saliências do cilindro não penetram mais de 3 ou 4 cm.

É conveniente juntar ao cilindro «pata de cabra» grades de lâminas que permitam o alisamento da super-

fície depois da acção daquele. Assim se obtêm uma mais rápida compacidade e um melhor acabamento superficial (Fig. 6).

Fig. 5

O material que fica sôlto alisa-se com a niveladora e compacta-se com o cilindro pneumático, continuando-

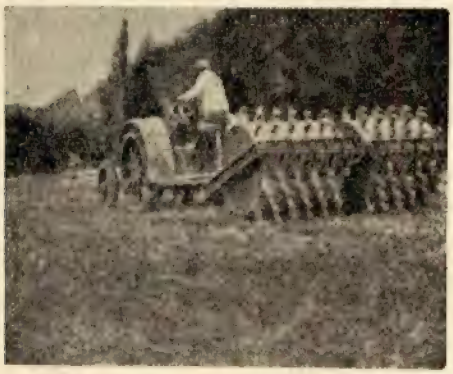


Fig. 6

-se as passagens, alternadas com ligeiros alisamentos. Para o acabamento final aconselha-se o uso de

Fig. 7

cilindros em tandem, pois produzem pressões uniformes em ambas as rodas.

g) Endurecimento — O endurecimento do pavimento «terra-cimento» realiza-se quási sempre por meio de regas betuminosas, geralmente com produtos asfálticos aplicados a frio. Nalguns casos também se emprega pasto sêco ou palha (Fig. 7).

Melhor seria efectuar o endurecimento mantendo húmida a superfície por meio de regas durante os primeiros dias, para efectuar uma melhor hidratação do cimento Portland, que é indispensável para o seu posterior endurecimento.

Depois de deixar o pavimento aberto ao trânsito durante um certo tempo para verificar o seu comportamento, pode-se aplicar qualquer tipo de revestimento asfáltico em uso, para formar uma camada de desgaste.

(Da revista *Cemento*)

Tractores com gasogénio

A adaptação do gasogénio aos tractores agrícolas encontrou graves dificuldades devido, sobretudo, a que o tractor não é apenas um meio de transporte mas também uma máquina motriz.

Para não diminuir o esfôrço de tracção com o emprêgo exclusivo do gasogénio teria sido necessário aumentar consideràvelmente as dimensões do motor.

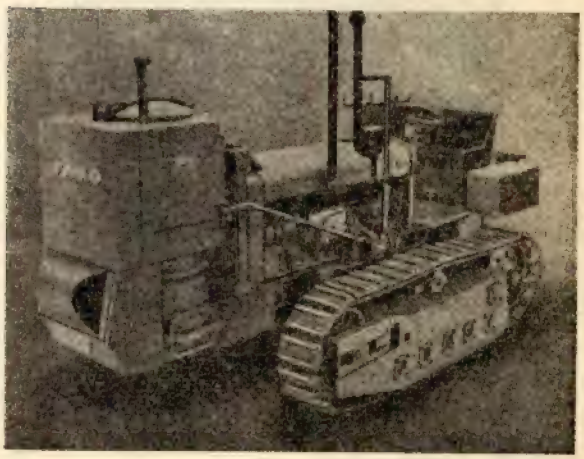


Fig. 1 — Tractor equipado com gasogénio

Surgiu, porém, a solução de empregar conjuntamente o sistema de injecção inflamável usado nos motores Diesel.

A admissão, como sucede nestes motores, não é agora só de ar puro mas sim de uma mistura dêste com o gás de gasogénio. Comprimida esta injecta-se uma pequena quantidade de óleo que se inflama ao entrar em contacto com a mistura quente provocando imediatamente a explosão do gás, menos inflamável que o óleo.

Desta maneira o combustível sólido contribui para a potência do motor com 75 % sendo os restantes 25 % fornecidos pelo óleo Diesel.

A fig. 1 representa um dêstes tractores construido pela casa Famo, Fahrzeug und Motorenwerk G. m. b. H., Breslau.

Formando um bloco colocado à frente do motor tem-se o gasogénio, um refrigerador de gás onde também se aquece o ar de combustão e um separador de poeiras centrífugo.

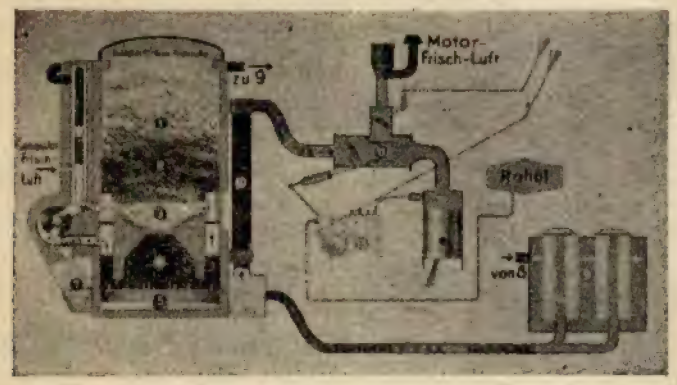
Entre o radiador e o gasogénio encontra-se um segundo refrigerador de gás.

e o ar enviado para o interior originam em 4, pela acção redutora do carvão vegetal, um gás combustível.

A mistura do gás passa no separador centrífugo 6 onde ficam as impurezas de maiores dimensões, e cede no refrigerador 8 parte do seu calor ao ar que se admite do exterior e que vai entrar na combustão.

Num segundo separador 9 retiram-se as partículas mais finas. Segue-se a passagem num segundo refrigerador 10 cujo ar ambiente é agitado pelo ventilador do motor.

No carburador 11 mistura-se o gás com ar proveniente do exterior de maneira a constituir uma mis-



1. Zona de secagem
2. Zona de destilação
3. Zona de oxidação
4. Zona de redução
5. Cinzeiro
6. Separador centrífugo de pó
7. Depósito do pó
8. Refrigerador-aquecedor
9. Segundo dupurador do pó fino
10. Refrigerador do gás
11. Carburador, misturador do gás e ar
12. Cilindro do motor
13. Bomba de injecção

Fig. 2. Representação esquemática da combinação do gasogénio com o sistema Diesel

As poeiras mais finas arrastadas pelo gás são separadas num depurador montado junto ao assento do condutor.

Os percursos dos carburantes e o modo de aproveitar a sua energia está esquemàticamente representado na fig. 2. A lenha introduzida na tremonha do gasogénio é primeiramente secada pelo calor existente em 1. Em 2 é destilada e na zona de oxidação 3 convertida em carvão vegetal. Os gases produzidos pela lenha

tura inflamável que é aspirada pelo êmbolo 12 do motor.

O regulador da bomba de injecção 13 actua também sôbre a válvula reguladora do gás.

Os resultados práticos obtidos mostram que o emprêgo dêstes tratores resultou eficaz tanto na agricultura como nos transportes em obras e construções.

De «*El Progreso de la Ingenieria*»

PUBLICAÇÕES RECEBIDAS

Não periódicas

Lição do Tempo — Original de Luiz Francisco Rebelo — Teatro da M. P.

Cartas aos Filiados — Alberto da Silveira Ramos — O. N. M. P.

Publicações periódicas

ALEMANHA

DEUTSCHE TECHNIK — Março de 1943.

EL PROGRESO DE LA INGENIERIA — Janeiro de 1943.

ARGENTINA

CIÊNCIA Y TÉCNICA — Janeiro e Fevereiro de 1943.

EUCLIDES — Janeiro de 1943.

LA INGENIERIA — Setembro a Dezembro de 1942.

INSTITUTO ARGENTINO DE RACIONALIZACION DE MATERIALLES — Outubro a Dezembro de 1942.

TECNOQUÍMICA — Agôsto e Outubro de 1942.

BRASIL

ENGENHARIA — Novembro de 1942.

CHILE

REVISTA DE CAMINOS — Outubro a Dezembro de 1942.

FRANÇA

LA CRONIQUE DES MINES CONIALES — Fevereiro de 1943.

HUNGRIA

TECHNIKA — Fevereiro de 1943.

ESPANHA

DYNA — Março de 1943.

CEMENTO — Fevereiro e Março de 1943.

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS — Fevereiro e Março de 1943.

REVISTA DE FORMACION Y DOCUMENTACION PROFESIONAL — Julho e Agôsto de 1942.

ITÁLIA

ELECTROTECNICA — Outubro de 1942.

L'ORGANIZZAZIONE SCIENTIFICA DEL LAVORO — Março de 1943.

RÁDIO E TELEVIZIONE — Novembro de 1942 e Janeiro de 1943.

REVISTA DEL CATASTO E DEI SERVIZI TECNICI ERARIALI — Novembro e Dezembro de 1942.

PORTUGAL

A ARQUITECTURA PORTUGUESA E CERÂMICA E EDIFICAÇÃO — Fevereiro de 1943.

AGROS — Janeiro e Fevereiro de 1943.

BROTÉRIA — Março de 1943.

GAZETA DE MATEMÁTICA — Março de 1943.

GAZETA DOS CAMINHOS DE FERRO — N.º 1328.

GIL VICENTE — Janeiro e Fevereiro de 1943.

ESTUDOS — Fasc. 3 — 1943.

INDÚSTRIA PORTUGUESA — Março de 1943.

OCIDENTE — Março de 1943.

REVISTA DE ARTILHARIA — Março de 1943.

SEARA NOVA — N.ºs 815 a 819.

TÉCNICA

REVISTA DE ENGENHARIA, DOS ALUNOS DO I. S. T.

DIRECTOR: LUIZ DE ALMEIDA ALVES

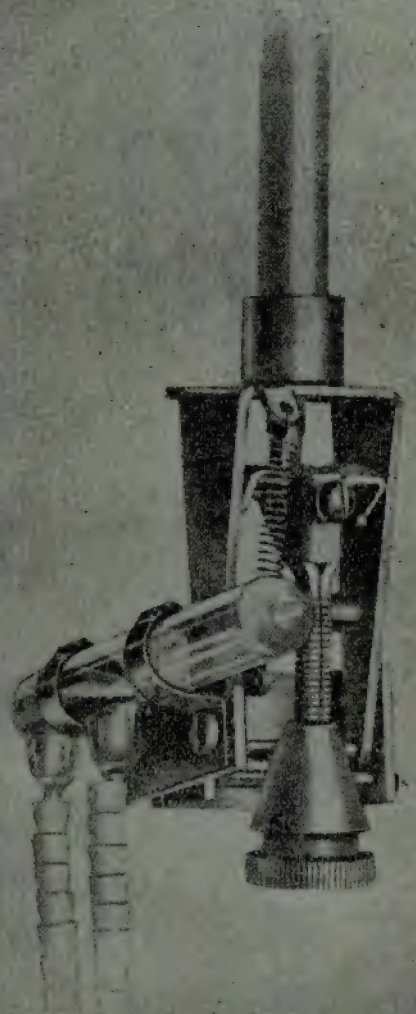
ADMINISTRADOR: JOSÉ DE LUCENA

BIBLIOTECÁRIO: FAUSTO GONÇALVES HENRIQUES

CORPO REDACTORIAL: FERNANDO MOITINHO DE ALMEIDA, HENRIQUE DIAS BARRACAS, JOSÉ CARLOS PINHEIRO DA SILVA, MANUEL DOS SANTOS RÉZIO

Propriedade e Edição da A. E. I. S. T.

TERMOSTATOS



ING RICHARD

FONOVITS

KOMMANDITGESELLSCHAFT

WIEN

HERMANN GÖRINGPLATZ 10

PARA UM SERVIÇO
INTENSO E EFICIENTE

TELEFONES MAGNÉTICOS

(A PROVA DE INTEMPERIE)

Western Electric

— com sinal de chamada acústico
— sem pilhas

Standard Electrica

TELEFONE 23111/2/3

RUA AUGUSTA, 27 — LISBOA

TABELAS TÉCNICAS

PARA

ENGENHARIA CIVIL

Compiladas por Nuno Abrantes
e A. Celestino da Costa

Sob a direcção do Prof. Vicente Ferreira

À Venda na

REDACÇÃO DA TÉCNICA

Preço 45$00

Para Assinantes 40$00

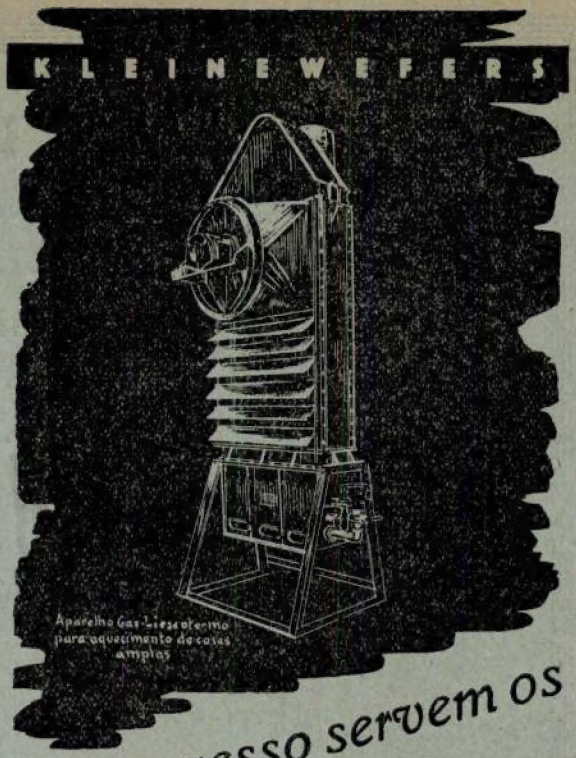
EMULSÕES

de asfalto para estradas

Todos os tipos e percentagens

TELEFONE 20879
Telegramas: Epalda — LISBOA

FÁBRICA EM SACAVÉM



Ao progresso servem os

APARELHOS KLEINEWEFERS

Os vários assuntos a que nos dedicamos, no ramo da construção de máquinas e aparelhos, exigem um trabalho constante e ininterrupto de desenvolvimento. As séries de anúncios que se seguem demonstram a especialidade dos nossos fabricos e o resultado duma perfeita colaboração existente entre todos os que trabalham na nossa emprêsa. Fruto da nossa experiência de muitos anos, as máquinas Kleinewefers significam tradição e progresso no melhor sentido.

JOH. KLEINEWEFERS SÖHNE
KREFELD
BERLIN WIEN HAMBURG

OFICINAS E LABORATÓRIOS

DO

INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO

As oficinas pedagógicas do Instituto Superior Técnico, de CARPINTARIA DE MOLDE, de INSTRUMENTOS DE PRECISÃO e de ELECTROTÉCNICA, fornecem todo o género de material escolar e de demonstração para o ensino técnico. Nos laboratórios de QUÍMICA ANALÍTICA, FÍSICA INDUSTRIAL E DE MINERALOGIA executam-se análises para o público

Para quaisquer informações, dirigir-se ao secretário da comissão executiva

Emprêsa de Sondagens e Fundações

Teixeira Duarte, L.da

Sondagens geológicas

—

Consolidações do solo

—

Impermeabilização de rochas

—

Poços artezianos

—

Rebaixamentos do nível freático

—

Captações de água subterrânea

Poço arteziano em Pegões

Fundações de todos os géneros

—

Alicerces económicos

—

Estacas de todos os tipos

—

Consolidação de más fundações

—

Obras hidráulicas

—

Obras subterrâneas

Fundador e Director: **Eng. Ricardo E. Teixeira Duarte**

LISBOA — RUA AUGUSTA, 280, 3.°

TELEFONE 2 3962

SOCIEDADE ANÓNIMA

BROWN, BOVERI & CIE.

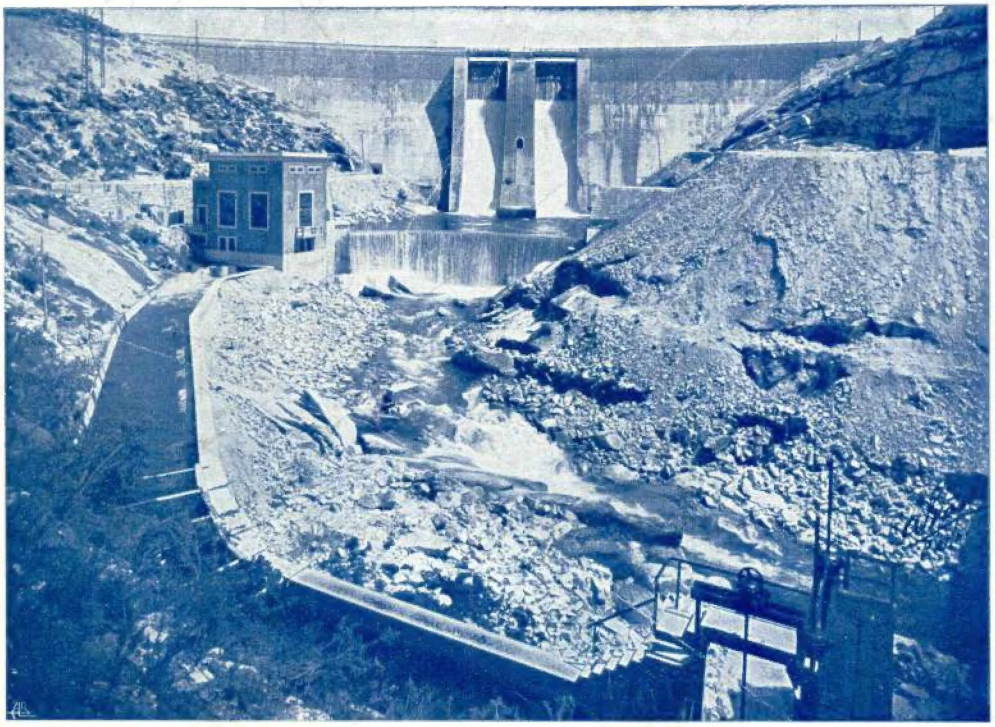
BADEN (SUISSA)

Representante geral para Portugal e Colónias:

EDOUARD DALPHIN

Escritório Técnico: Rua de Passos Manuel, 191, 2.º // PORTO // Tel. 2 411

Máquinas eléctricas, transformadores, mutadores, aparelhos para alta e baixa tensão. Montagem completa de centrais termo e hidro-eléctricas. Electrificação de fábricas e de caminho de ferro. Locomotivas, e auto-motoras eléctricas e Diesel-eléctricas. Máquinas de extracção. Turbinas a vapor. Geradores de vapor Velox. Máquinas frigorificas. Grupos e transformadores para a soldadura pelo arco. Fornos eléctricos. Comandos eléctricos especiais para tôdas as máquinas utilizadas nas Fábricas de Fiação, Tecelagem, Acabamentos, Estamparia, Cimento, Moagem, etc.



Barragem do Ermal, da Companhia Electro-Hidráulica de Portugal, com 20 milhões de metros cúbicos de capacidade da albufeira. Na parte central, duas comportas automáticas, da casa construtora «Ateliers des Charmilles», de 9 × 5 metros, para a evacuação das cheias. Em baixo, a central automática de Guilhofrei (I) com uma turbina vertical tipo Kaplan (Ateliers des Charmilles) de 2750 cavalos e o canal de condução da água à central do Ermal (central II) com uma turbina vertical tipo Francis de 6250 cavalos (Ateliers des Charmilles) e duas horizontais (Escher-Wyss) de 500 e 1500 cavalos. Tôda a parte eléctrica (alternadores, transformadores, aparelhos de 2000 e 30000 Volts) d a casa BROWN, BOVERI & Cie.